



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

PINONPURKAJAN TUOTTEISTAMINEN BROWNFIELD- PROSESSILLA

Diplomityö

Tarkastaja:
Apulaisprofessori Tero Juuti
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatiotekniikan tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 9. joulukuuta
2015

TIIVISTELMÄ

NOKELAINEN, MIKKO: Pinonpurkajan tuotteistaminen Brownfield-prosessilla
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 73 sivua, 11 liitesivua
Joulukuu 2015
Automaatiotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Tuotekehitys
Tarkastaja: Apulaisprofessori Tero Juuti

Avainsanat: Oheislaitte, tuotteistus, pinonpurkaja, Brownfield-prosessi.

Tämä työ tutkii tuotteen tuotteistamisen kannattavuutta. Tutkimuksen käsittelemä tuote on pinonpurkaja. Työn on tilannut yritys nimeltä Cimcorp Oy. Yrityksen on tarkoitus saada tietää kannattaako heidän tuotteistaa laitteensa. Tuotteistaminen on tässä työssä suoritettu tuoteperheen luomisella käyttäen hyväksi Brownfield-prosessia. Lisäksi työssä arvioidaan tuotteen ohjauksen itsenäistämisen vaikutuksia.

Teoriaosuus käsittelee aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja verkkolähteitä. Tietoa on myös kerätty haastattelemalla yrityksessä toimivia henkilöitä. Nämä tiedot ilmenevät enemmän tuotetta ja sen ohjausta esittelevissä kappaleissa. Pinonpurkaja sisältää servojärjestelmiä sekä informaatorajapintoja tehtaan muiden toimilaitteiden kanssa. Tämän takia työssä käsitellään myös näitä aiheita. Brownfield-prosessi käydään läpi askel askeleelta omassa kappaleessaan. Sama prosessi tullaan suorittamaan työn toiminnallisessa osuudessa.

Vaikka tuotteistusprosessin kohde onkin vain pinonpurkaja, työssä on esitetty myös muita haastattelujen tuloksena oheislaitteiksi tunnistettuja laitteita. Nämä laitteet ovat leima- ja ”spotting”-laitteet sekä viivakoodinlukijat. Esitetyt laitteet ovat rengasteollisuuden suunniteltuja.

Tuloksiksi on esitelty tavoitteisiin vastaavia Brownfield-prosessin tuottamia tuloksia. Prosessin perusteella on tehty liiketoiminnan vaikutusanalyysi, jonka mukaan tuoteperheen luominen voi tuottaa yritykselle voittoa jo ensimmäisen vuoden aikana. Tuloksissa on myös otettu kantaa laitteiden ohjauksen sulauttamiseen. Lopuksi painotetaan dokumentaation puutetta kyseisen laitteen ohella.

ABSTRACT

NOKELAINEN, MIKKO: Productization of destacker with Brownfield process
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 73 pages, 11 Appendix pages
December 2015
Master's Degree Programme in Automation Technology
Major: Research and development
Examiner: Assistant professor Tero Juuti

Keywords: peripheral machine, productization, destacker, Brownfield-process

This master's thesis studies the possible advantages of productization. Studied case is a destacker. Cimcorp Oy, the company that has commissioned this study, wants to know whether it is profitable to productize their product or not. In this study, productization has been done using Brownfield-process. In addition, this study evaluates the possible effects of containing products' control in product itself.

Theory covers literature and internet sources which concern the subject. Information has also been gathered via interviewing people who work in the company. Destacker includes servosystems and interfaces with other devices. This is why this study also introduces these topics. Brownfield-process will be introduced step by step in its own chapter since the same process shall be applied practically later.

Although the subject to productization process is only destacker. This thesis will introduce other products which the company has declared as peripheral machines via interviews. These machines are barcode reader, labeling and spotting machines. These introduced machines are designed to work in tire industry.

As results, this study introduces results of Brownfield-process, which answer to preliminary questions. A business impact analysis has been created from results of Brownfield-process. It states that creation of product family can potentially create profit within the first year of implementation. Results also give an opinion concerning the software embedding. Last part of results emphasizes the lack of documentation this product has.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on kirjoitettu vuoden 2015 aikana. Sen on tilannut Cimcorp Oy ja tarkastanut Tampereen teknillisen yliopiston tuotantotekniikanlaitoksen apulaisprofessori Tero Juuti.

Haluan kiittää jokaista yrityksen puolesta haastatteluun osallistunutta henkilöä ja tarkastajaani tämän työn läpi saattamisesta. Lisäksi haluan kiittää työn tilannutta yritystä tästä mahdollisuudesta, jonka johdosta valmistun seitsemän hyvän opiskeluvuoden jälkeen.

Erityiskiitokset osoitan lähipiirilleni jatkuvasta motivaation luomisesta. Haluan lisäksi muistaa opiskelijatovereitani tässä osiossa. Olen myös ylpeä siitä, että sain itselleni asettamani tavoitteen läpi, joka oli tämän työn valmiiksi saaminen vuoden 2015 aikana. Korjausten teko vuonna 2016 häiritsee kun itse työ on suoritettu alta pois. Tunne valmistumisesta on osittain haikea, mutta paperit kouraan ja etsimään uusia haasteita.

Tampereella, 23.2.2016

Mikko Nokelainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	1
1.3	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	2
1.4	Tutkimuksen rakenne	3
2.	KIRJALLISUUSKATSAUS	4
2.1	Tuotteistaminen	4
2.2	Tuotekehitys	6
2.2.1	Tuotekehityksen neljä vaihetta	7
2.2.2	Tuotekehityksen osapuolet	7
2.2.3	Asiakaslähtöinen tuotesuunnittelu	8
2.2.4	Tuotekehityksen onnistuminen	9
2.3	Suunnittelun näkökulmia	10
2.3.1	Design for Assembly	10
2.3.2	Design for Maintenance	12
2.3.3	Design for Manufacturing	13
2.4	Modulointi	14
2.4.1	Modulaarisuuden tyypit	15
2.4.2	Moduloinnin osat	16
3.	TUTKITTAVA TEKNOLOGIA	18
3.1	Pinonpurkajat	18
3.1.1	Toimintaperiaate	19
3.1.2	Rakenne	20
3.1.3	Toiminnalliset osat	21
3.1.4	Pinon keskitys	23
3.1.5	Projektikohtainen toteutus	26
3.1.6	Tuotanto	26
3.2	Muut Oheislaitteet	27
3.2.1	Viivakoodinlukijat	28
3.2.2	Leimalaitteet	28
3.2.3	Spotting-laite	29
3.3	Tiedon välitys	31
3.3.1	OSI-Malli	31
3.3.2	Ethernet	33
3.3.3	Profibus	35
3.3.4	AS-I-kenttäväylä	36
3.4	Servomoottorit	37
3.5	Ohjaus	40

3.5.1	Järjestelmän ohjaus	41
3.5.2	Informaation välitys	45
3.5.3	Laiteohjaus ja sulauttaminen.....	46
4.	BROWNFIELD-PROSESSI.....	47
4.1	Prosessin valinta.....	47
4.2	Prosessin askeleet.....	48
5.	BROWNFIELD-PROSESSIN TOTEUTUS	55
5.1	Prosessin aloittaminen.....	55
5.2	Elementtijako ja rajapinnat.....	55
5.3	Asiakkaan tarpeet	56
5.4	Alustava tuoteperheen kuvaus.....	58
5.5	Elementtien yhdistäminen tarpeisiin	59
5.6	Dokumentointi.....	59
5.7	Liiketoiminnan vaikutusanalyysin luominen	61
5.8	Liiketoiminnan vaikutusanalyysin tulokset.....	62
6.	TULOKSET	65
6.1	Brownfield-prosessin tulokset.....	65
6.1.1	Tuotteistettavat laitteet.....	65
6.1.2	Prosessiin panostus ja sen tuotto	66
6.2	Ohjauksen sulauttaminen	67
6.3	Muuta huomioitavaa.....	68
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET	69
	LÄHTEET.....	70
	HAASTATTELUT	73
	LIITE 1, BOSCH REXROTH:N SERVOMOOTTORI MANUAALI	74
	LIITE 2, IP-LUOKITUS	75
	LIITE 3, NOSTO-OPERAATION SEKVENSIIKAAVIO	76
	LIITE 4, LASKUOPERAATION SEKVENSIIKAAVIO	77
	LIITE 5, PINON KASAAMISEN SEKVENSIIKAAVIO	78
	LIITE 6, V-MATRIISI.....	79
	LIITE 7, ALUSTAVA ELEMENTTIJAKO.....	80
	LIITE 8, ALUSTAVA K-MATRIISI	81
	LIITE 9, TÄYTETTY K-MATRIISI.....	82
	LIITE 10, PRODUCT STRUCTURE BLUE PRINT.....	84
	LIITE 11, LIIKETOIMINNAN VAIKUTUSANALYYSI	85

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1 Jäävuorimalli ulkoisesta- ja sisäisestä tuotteistamisesta. (Sipilä 1999, s.48, muokattu).....</i>	<i>4</i>
<i>Kuva 2 Tuotteistetun ja tuotteistamattoman tuotteen ominaisuuksia. (Parantainen 2004).....</i>	<i>6</i>
<i>Kuva 3 Tuotteeseen kohdistuvia ulkoisia ja sisäisiä vaatimuksia. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.197).....</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 4 Kokoonpano helpottuu vähentämällä ruuvien moninaisuutta tai käyttämällä kiinniketappeja. (Helander & Nagamachi 1992, s.174-175).....</i>	<i>11</i>
<i>Kuva 5 Symmetrisyyden helpottava vaikutus asennustöihin. (Helander & Nagamachi 1992, s.174-175).....</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 6 Modulaarisuuden tyypit. (Lehtonen 2013)</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 7 Moduloinnin osat.....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 8 Hitaampi (a) ja nopeampi (b) pinonpurkaja.</i>	<i>19</i>
<i>Kuva 9 Pinonpurkajan osat ja toiminnot.</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 10 Periaatekuva renkaaseen sivuilta tarttuneesta purkajasta. (Pelkistetty)</i>	<i>23</i>
<i>Kuva 11 Periaatekuva huonosta tarttumisesta. (Pelkistetty).....</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 12 Intralox:n sarja 400, Tranverse Roller Top –kuljetinmatto. (Tracepartsonline.net 2010).....</i>	<i>25</i>
<i>Kuva 13 Leimalaite toimintaympäristössään.....</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 14 Yleiskuva spottaus-laitteesta.....</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 15 Spottauksen toiminnallinen osio.....</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 16 AS-I -väylään liitettävän kenttämoduulin rakenne.</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 17 Servojärjestelmien toiminta. (Mukailtu Younkin 2002, s.8-9 ja National instruments 2014).....</i>	<i>38</i>
<i>Kuva 18 Muuntajan toiminta.(Rotary encoder 2010, muokattu.).....</i>	<i>38</i>
<i>Kuva 19 Tyypillinen järjestelmän rakenne. (Muokattu spesifikaatiosta D251020).....</i>	<i>40</i>
<i>Kuva 20 Scheider Electric:n varmennettu hätä-seis kotelo ja Katkon turvakytkin.(Hätä-seis kotelo 2015 ; Turvakytkin 2015).....</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 21 Sekvenssikaavio tiedonsiirrosta kuljetinohjaimen ja WCS:n välillä tuotteen reittiä määrittäessä. (Muokattu spesifikaatiosta D251020).....</i>	<i>43</i>
<i>Kuva 22 Brownfield-prosessin kymmenen askelta. (Pakkanen 2015, s.172).....</i>	<i>48</i>
<i>Kuva 23 Alustava tuoteperheen kuvaus. (Muokattu Pakkanen 2015).....</i>	<i>51</i>
<i>Kuva 24 K-matriisi.....</i>	<i>52</i>
<i>Kuva 25 Täydennetty K-matriisi.</i>	<i>53</i>
<i>Kuva 26 Asiakastarpeiden välisiä vaikutuksia käsittelevä V-matriisi</i>	<i>58</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

BMFT	Bundes Ministerium für Forschung und Technologie. German Federal Ministry of Research and Technology. Saksan liittovaltion tutkimus- ja teknologiaministeriö.
CSL	Company Strategic Landscape.
DFA	Design For Assembly. Kokoonpantavuuden huomioiva suunnittelu.
DFM	Design For Manufacturing. Valmistattevuuden huomioiva suunnittelu.
DFMA	Design For Manufacturing and Assembly. Sekä valmistettavuuden että kokoonpantavuuden huomioiva suunnittelu.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardiorganisaatio.
MAC	Media Access Control –protokolla.
OMG	Operating Mode Group. Ohjaustyyppiryhmä.
OSI	Open System Interconnection. Tiedonsiirtoprotokollien standardi.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikkaohjain.
PSBP	Product Structure Blue Print. Piirustus tuotteen rakenteesta.
SI-järjestelmä	Système international 'unités. Kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä.
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto.
TU	Transportation unit. Siirrettävä yksikkö.
WCS	Warehouse Control System. Varastonohjausjärjestelmä.

1. JOHDANTO

Tämän diplomityön aihe on vastaanotettu Ulvilassa sijaitsevalta Cimcorp Oy:ltä vuoden 2015 alkupuolella. Ensimmäinen kappale esittelee lukijalle tutkimuksen taustan ja tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät. Lisäksi esitetään myös tutkimustavoitteet ja työn rakenne.

1.1 Tutkimuksen tausta

Japanilaiseen Murata Machinery -konserniin kuuluva Cimcorp Oy on portaalirobottijärjestelmien valmistaja. Heidän automaattioratkaisunsa perustuvat yrityksen omiin robotti- ja ohjelmistoteknologioihin sekä tuotteistettuihin palvelukonsepteihin. Yritys pyrkii parantamaan asiakkaidensa tuotannon ja jakelukeskusten kannattavuutta sekä kilpailukykyä seuraavilla alueilla:

- rengasteollisuudessa.
- vähittäis-, tukku- ja verkkokaupan jakelussa .
- elintarvike- ja juomateollisuudessa .
- postinjakelukeskuksissa.

Tässä työssä keskitytään Cimcorpin rengasteollisuudelle tarjoaman materiaalinkäsittelyjärjestelmän oheislaitteeseen, nopean mallin pinonpurkajaan.

Yritys on pohtinut oheislaitteensa tuotteistamista jo aiemmin. On pohdittu, mitä hyötyjä ja haittoja tuotteistamisprosessi toisi yrityksen toiminnalle. Yrityksen toiminta perustuu kokonaisten automaatiojärjestelmien tuottamiseen ja sen sisällä on siihen hyvä asiantuntemus. Tarkasteltavan oheislaitteen tuotteistuksen puute mahdollistaa toiminnan, jossa yrityksellä on ollut tapana valita edellisen projektin mukainen vastaava laite nykyiseen projektiin. Valinta on tehty siten, että laite vastaa parhaiten nykyisiä tarpeita. Tuotteen dokumentaatio on myös alhaisella tasolla.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa kerätty tieto koostuu kirjallisuustutkimuksesta ja haastatteluista. Kirjallista aineistoa on kerätty Tampereen kirjastoista. Lisäksi apuna on käytetty internetistä etsittyjä aihetta käsitteleviä lähteitä. Itse oheislaitetta koskevaa tietoa on kerätty pääasiallisesti haastatteluilla. Haastatellut henkilöt on listattu lähdekappaleen jälkeiseen osioon aakkosjärjestyksessä. Yrityksen henkilöstöltä on kerätty lisätietoa myös sähköpostin välityksellä.

Kirjallisuutta hyväksi käyttäen on tutkittu mitä hyötyjä tuotteistamisella voidaan saavuttaa ja miten se tehdään. Pinonpurkaja sisältää myös tekniikkaa, kuten servomootoreita ja tiedonsiirtoväyliä. Tämän takia työ sisältää myös näitä aiheita käsitteleviä kappaleita.

Työ tarkastelee pinonpurkajan mekaanista rakennetta ja pyrkii luomaan siitä tuoteperheen käyttäen hyväksi Brownfield-prosessia. Tämä prosessi esitellään tarkemmin kirjallisuuskatsauksessa.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Alustavasti työn sisällön toivottiin tuovan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat ne oheislaitteet, joiden tuotteistusta kannattaisi tutkia?
- Mitä yhteistä eri oheislaitteilla voisi olla eri osa-alueilla: mekaniikka, ohjaus?
- Mitä näiden oheislaitteiden tuotteistus käytännössä tarkoittaisi eri osa-alueilla?
- Kuinka suuri alkupanostus tuotteistuksen eteen pitäisi tehdä?
- Kuinka suuren panostuksen tuotteiden ylläpito vaatisi?
- Kuinka suuri hyöty tuotteistuksella saavutettaisiin?
- Kannattaisiko oheislaitteilla olla oma laiteohjauksensa vai integroidaanko ohjaus osaksi kuljetinohjausta, kuten tähän asti on tehty?

Myöhemmin työtä rajattiin käsittelemään yrityksen rengasteollisuuteen sijoittuvia oheislaitteita. Tarkempaan tarkasteluun valittiin pinonpurkajan nopeampi malli. Tämä perusteltiin sen suuren myynnin määrällä.

Päätavoitteeksi muodostui vastauksen etsintä kysymykseen kannattaako tuote tuotteistaa. Tässä työssä tutkitaan Brownfield-prosessilla, kannattaako tuotteesta luoda tuoteperhe. Työ ottaa kantaa koneen rakenteeseen ja sen mahdollisiin muutoksiin, mitkä ovat Brownfield-prosessin pääasiallinen tarkastelukohta.

Alustavan listan mukaan tavoitteena on myös ottaa kantaa muiden oheislaitteiden tuotteistamiseen. Tässä työssä tuotteistamisella tarkoitetaan niiden lisäämistä luotavaan tuoteperheeseen. Työn aikana tullaan siis tutkimaan muidenkin oheislaitteiden rakennetta. Niiden tutkimus on kuitenkin pintapuolista, koska pääpaino on pinonpurkajan tuotteistuksessa. Perustelut tuoteperheeseen lisättävien laitteiden valinnoille tullaan antamaan työn aikana kerätyn tiedon perusteella. Tuloksissa pyritään esittelemään yhteneväisyydet mekaanisten ja ohjauksellisten näkökantojen puolesta.

Tutkimuksen on vastattava tuotteistuksen kannattavuuden puolesta kolmeen kysymykseen. Ensimmäisenä tulee tarkentaa, paljonko tuotteistusprosessiin tulee panostaa. Toiseksi yritys tahtoo tietää, paljonko se tulee kuluttamaan varoja tulevien vuosien ylläpitokustannuksiin. Kolmas aihe on yrityksen kannalta tärkein. Yritystä kiinnostaa kuinka suuren hyödyn he saavuttavat tuotteistamisella tuotteensa. Näihin kolmeen kysymykseen annetaan vastaukset tuloksissa.

Edellä esitetystä listasta voidaan lukea, että Cimcorp on tuotteistamisen lisäksi miettinyt ohjauksen sulattamista laitteeseensa. Tähän otetaan kantaa työssä esitettyjen muiden näkökohtien mukaisesti. Tuloksena esitetään kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen kautta tehdyn analyysin johtopäätös.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tämä tutkimus alkaa esittelemällä kirjallisia lähteitä koskien tuotteistamista ja tuotekehitystä. Näissä kappaleissa tuodaan esille mitä tuotteistus sekä tuotekehitys ovat ja mitä etuja ne tuovat yritykselle. Näitä aiheita seuraa muutamien suunnittelun näkökulmien esittely. Nämä on otettu työssä esille, koska tuotekehityksessä niiden huomiointi on tärkeää. Myös modulointi esitellään, koska sen avulla saavutetaan monia etuja. Moduloinnin tuomiin hyötyihin tässä tuotteistusprosessissa otetaan kantaa myöhemmin.

Kirjallisuuden esittelyn jälkeen työ esittelee yrityksen tarjoamat oheislaitteet. Tarkin kuvaus esitetään työn tarkastelemasta pinonpurkajasta, joka on sijoitettu luvun ensimmäiseksi alaluvuksi. Tämä osio pyrkii antamaan lukijalle hyvän käsityksen pinonpurkajan rakenteesta ja toiminnallisista osista. Pinonpurkajan tarkastelun jälkeen kappale esittelee yrityksen muut oheislaitteet, jotka on tarkennettu haastattelussa Jyrki Anttosen kanssa. Oheislaitteiden jälkeen lukijalle esitellään tietoa verkkotekniikoista, joita laitteissa käytetään. Lisäksi esitetään perustietoa servotekniikasta, koska se on suuressa osassa tarkasteltavan laitteen toimintaa.

Toimilaitteet toimivat tehtaassa osana kuljetinjärjestelmää. Ne ovat siten myös Cimcorpin tarjoaman varastonohjausjärjestelmän tarkkailun alla. Tätä järjestelmätason ohjausjärjestelmää kutsutaan nimellä WCS (eng. Warehouse Control System). Tällä järjestelmällä on oma osansa laitteen toiminnassa, joten tässä työssä on katsottu sopivaksi esitellä myös se.

Teknologioiden jälkeen työ esittelee tutkimuksessa käytetyn Brownfield-prosessin. Kyseinen prosessi on tutkimuksen osalta suurimmassa osassa, joten sen teoria esitetään omana kappaleenaan kirjallisuuskatsauksen ulkopuolella. Kappaleessa on myös perusteltu, miksi Brownfield-prosessi on valittu käytettäväksi.

Brownfield-prosessin esittelemää kappaletta seuraa itse prosessin suoritus esitettyjen askelten mukaisesti. Työ jatkuu tulosten esittämisellä, kun prosessin tulokset on saatu selville. Itse Brownfield-prosessin tulokset keskittyvät esitetyn oheislaitteen tuotteistamiseen sekä sen kannattavuuteen. Muut tulokset vastaavat muihin yrityksen pohtimiin kysymyksiin. Tutkimuksen lopussa tuodaan esille työn aikana luodut johtopäätökset tuotteen tuotteistamisen kannalta.

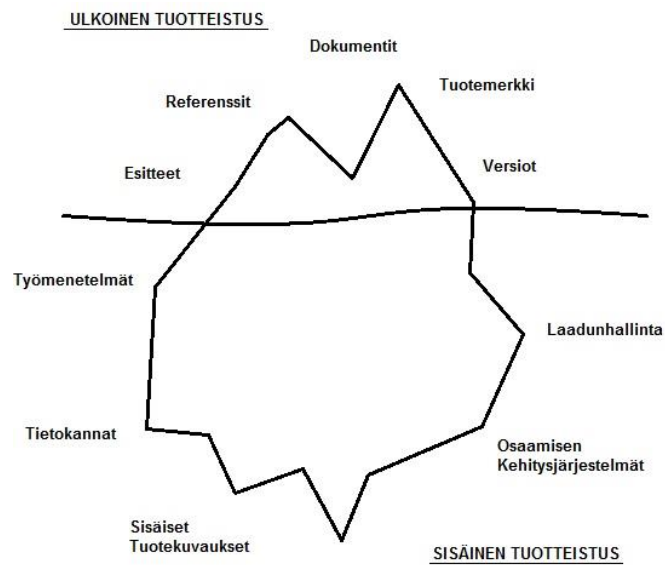
2. KIRJALLISUUSKATSAUS

Projektikohtaisen tuotteen tuotteistaminen on prosessi, joka sisältää monta vaihetta ja jossa tulee ottaa huomioon monta asiaa. Tämä kappale pyrkii esittelemään näkökulmia ja suunnittelumenetelmiä, joita on hyvä ottaa huomioon tuotteistamisessa ja tuotekehityksessä.

2.1 Tuotteistaminen

Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia yrityksen oheislaitteen tuotteistamista. Yritystä kiinnostaa sen kannattavuus ja mitkä ovat sen tuomat hyödyt. Kysymyksiin vastaamisen ennakkotietovaatimuksena tulee ensin ymmärtää, mitä tuotteistaminen tarkoittaa ja miten se saattaa nostaa tuotteen tai palvelun arvoa.

Tuotteistaminen on jaettavissa sisäiseen ja ulkoiseen tuotteistamiseen. Sisäinen tuotteistaminen tapahtuu yrityksen sisällä, eikä ole nähtävissä asiakkaan näkökulmasta. Siinä on tarkoituksena määritellä muun muassa työmenetelmiä, laadunhallintaa ja tietokantoja. Ulkoinen tuotteistaminen näkyy asiakkaille dokumenttien, tuotemerkkien ja referenssien muodossa. Ulkoisen tuotteistamisen edellytys on sisäisten toimintojen systematisointi, joka kuuluu sisäiseen tuotteistamiseen. Sisäisessä tuotteistamisessa on mahdollista edetä nopeammin kuin ulkoisessa tuotteistamisessa. Kuva 1 antaa tarkemman käsityksen näiden kahden tuotteistamisen eroista. (Sipilä 1999, s.47-48)



Kuva 1 Jäävuorimalli ulkoisesta- ja sisäisestä tuotteistamisesta. (Sipilä 1999, s.48, muokattu)

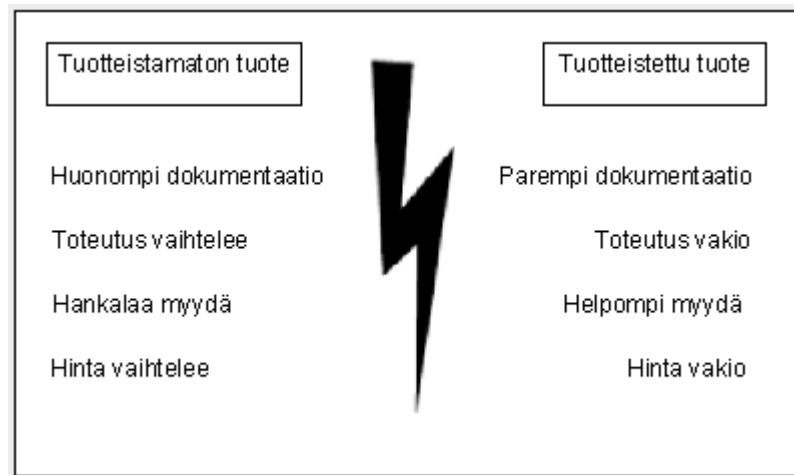
Kuvasta 1 voidaan nähdä, että sisäistä tuotteistamista on mahdollista soveltaa muuhunkin kuin myytävään tuotteeseen. Sisäistä tuotteistamista voidaan käyttää osaamisen kehittämiseen, tietokantoihin, työmenetelmiin, laadun hallintaan ja niin edelleen. Sipilä esittää, että sitä voidaan käyttää myös asiakasprojektien ja johtamisen kehittämiseen. (Sipilä 1999, s.48-49)

Ulkoisen tuotteistamisen johdosta asiakkaan on mahdollista perehtyä myytävään tuotteeseen nopeammin ja helpommin. Tällä voi olla positiiviset vaikutukset asiakkaan tekemään ostopäätökseen. Nämä vaikutukset ovat mahdollisia tuotteesta luodun dokumentaation kautta. Tarkat tuotekuvaukset ja versiotiedot luovat positiivisen kuvan tuotteen toiminnasta, eivätkä jätä avoimia kysymyksiä koskien tuotetta. Tämä ulkoisen tuotteistuksen osa vaikuttaa myös markkinoinnin ja myynnin työhön. Enää ei tarvita tuotteeseen perehtynyttä asiantuntijaa esittelemään tuotetta, vaan konkreettinen tieto voidaan luovuttaa toisille osapuolille yrityksessä. (Sipilä 1999, s.19-20)

Sekä sisäisen että ulkoisen tuotteistamisen seurauksena tuote pystytään hinnoittelemaan kiinteästi. Sisäisessä tuotteistuksessa on määritetty tavat, joilla tuote valmistetaan ja osat joita siinä käytetään. Lisäksi työtavat ja laadunhallinta ovat parantuneet. Ulkoisen tuotteistamisen puolesta asiakkaalle voidaan lähettää referenssitietoja ja kattavia tuotekuvauksia, joihin pystytään tuotteistuksen kautta määrittämään kiinteä hinta. (Sipilä 1999, s.19-20)

Parantainen esittää kirjassaan tuotteistamisen tarkoittavan työtä, jolla asiantuntemus tai osaaminen kehittyy myynti-, markkinointi- ja toimituskelpoiseksi tuotteeksi. Tuotteistaminen voidaan myös tiivistää seuraavasti: valmiiksi suunnitellun tuotteen tai tuotevariaation luominen yksilöllisen ja projektikohtaisen tuotteen tilalle (Kiiras, 2001). Tuotteistaminen on siis yritykselle arvoa tuova prosessi.

Mitkä ovat tuotteistamisen ja tuotteistamattoman tuotteen eroja? Tuotteistamisella on monia arvoa tuottavia ominaisuuksia. On silti aina tuotekohtaista pohtia, onko tuotteistukseen panostaminen tarpeellista yrityksen strategian kannalta. Kuvassa 2 on lyhyesti esitelty mitä eroja tuotteistetulla ja tuotteistamattomalla tuotteella on.



Kuva 2 Tuotteistetun ja tuotteistamattoman tuotteen ominaisuuksia. (Parantainen 2004)

Tuotteistettu tuote on dokumentoitu ja siitä on olemassa versiotiedot. Tuotteistuksessa tuotteelle on määritetty työmenetelmät sen valmistusta varten ja sen laatu on hallittavissa. Tällaisen tuotteen valmistus on nopeaa jo erillisen projektikohtaisen suunnittelutyön jäädessä pois. Lisäksi toistojen määrä lisääntyy valmistuksessa kasvattaen tekijöiden asiantuntemusta. Tuote tai palvelu voidaan hinnoitella paremmin, kun toimenpiteet ja komponentit ovat vakioituja ja valmistusaika alkaa asettumaan vakioksi. Toimitussisällön vakiintuessa vielä enemmän, voidaan hintakin jo asettaa vakioksi. (Kiiras 1999; Parantainen 2007)

2.2 Tuotekehitys

Onnistunut tuotekehitystoiminta on olennaista yrityksen menestymisen kannalta. Tuotekehityksellä voidaan tarkoittaa uuden tai jo olemassa olevan tuotteen kehittämistä. (Jokinen 1987 s. 9)

Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi. Jokinen esittää sen käsittävän ainakin seuraavat kohdat:

- Tuoteidean etsiminen.
- Kehitysnäkymien, markkinoiden ym. tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen etsiminen.
- Tuotteen luonnostelu.
- Yksityiskohtien suunnittelu.
- Optimointi.
- Työpiirustusten tekeminen.
- Käyttöohjeiden tekeminen.
- Tuotantomenetelmien kehittäminen.

Edellä mainittuja tuotekehityksen toimintoja on monia. Tuotekehitys voidaan silti jakaa neljään toimintavaiheeseen, jotka esitellään seuraavassa kappaleessa.

2.2.1 Tuotekehityksen neljä vaihetta

Tuotekehitys koostuu käynnistämisestä, luonnostelusta, kehittämisestä ja viimeistelystä. Käynnistämisen edellytyksenä on tarve tuotekehitykselle ja tarpeen toteuttamismahdollisuus. Tarve yksin ei ole riittävä. Yrityksen menestyksen edellytyksenä on onnistunut tuotekehitystoiminta. On mietittävä kriittisesti, onko tarpeen vaatima ratkaisu toteutettavissa. (Jokinen 1987, s. 9-20)

Luonnosteluvaiheessa etsitään jo alustavia ratkaisuja kehitettävälle tuotteelle keskittymättä yksityiskohtiin. Tämän vaiheen tärkein osio on luovuus ja ideointi. Luonnostelu alkaa kehitystehtävän analysoimisella sekä vaatimusten ja tavoitteiden asettamisella. Eräs tapa ratkaisujen etsintään on yleistää tehtävä ja jakaa se pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Näiden pienempien osien kehittäminen voi osoittautua helpommaksi. Ratkaisusta voidaan lopuksi karsia parhaimmat arvosteltavaksi ja koota alkuperäinen kehityskohde kasaan käyttäen sen komponenttien ratkaisuja. Tätä kokonaisuutta pitää vielä arvostella ja muokata ennen kuin siitä voidaan tuottaa lopulliset ratkaisuluonnokset, jotka valitaan testattavaksi. (Jokinen 1987, s. 21-22)

Luonnosteluvaiheesta edenneet luonnokset päätyvät kehiteltäviksi. Kehittelyvaiheessa luonnosten yksityiskohtiin puututaan niiden teknilliset ja taloudelliset näkökohdat huomioiden. Kun kehittyessä on tuotettu luonnos, joka on optimoitu siten, että se voidaan lähettää eteenpäin, alkaa tuotekehityksen viimeinen vaihe. Viimeistelyvaiheessa uudesta tuotteesta laaditaan dokumentit. Ne sisältävät esimerkiksi työpiirustukset, osaluettelot ja toleranssitiedot. Viimeistely pyrkii siis tarkentamaan tuotteen kuvausta dokumentoimalla siitä kaiken tarvittavan tiedon. (Jokinen 1987, s. 14-17)

2.2.2 Tuotekehityksen osapuolet

Tuotekehitykseen osallistuu henkilöitä yrityksen jokaiselta osastolta. Jokaisessa tuotekehitysprosessissa on kuitenkin aina kolme osastoa, joiden rooli on suuremmassa osassa. Nämä ovat markkinointi-, suunnittelu- ja tuotanto-osastot. Markkinointi toimii yrityksen ja asiakkaan yhteistoiminnassa. Se vastaanottaa asiakkaan vaatimukset ja määrittää tuotteen mahdollisuudet ja markkinasegmentit. Markkinoinnin tehtäviin kuuluu myös hinta-analyysin tekeminen. Suunnittelupuolen henkilöt toimivat markkinoinnin kanssa yhteistyössä pyrkien luomaan tuotetta, joka parhaiten vastaa asiakkaan tarpeita. Tämä sisältää muun muassa tuotteen toimintojen, fyysisten ominaisuuksien, ergonomian ja käyttöjärjestelmien suunnittelua. Markkinoinnin ja suunnittelun työntekijöiden on oltava kiinteässä yhteistyössä, jotta asiakkaan vaatimukset päätyvät tuotteen suunnitteluvaiheeseen muuttumattomina. Markkinointiosaston osallistuminen prosessiin hyödyttää myös toisella tavalla. Mahdollisten muutosten ilmetessä se kykenee ottamaan yhteyden asiakkaaseen. On myös mahdollista, että asiakkaan tarpeet muuttuvat kesken projektin. Asiakas voi tuolloin ottaa yhteyttä markkinoinnin työntekijöihin, jolloin he lähettävät uudet tiedot muille prosessin työntekijöille. Tuotannon edustajien toimenkuva on

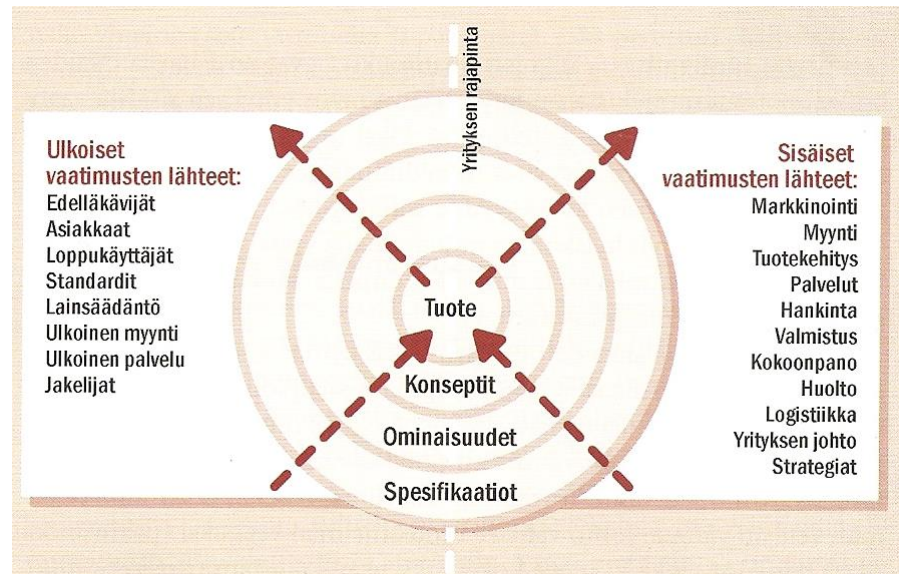
suunnitella valmistusmetodit ja tuotantojärjestelmät kyseiselle tuotteelle. Tämä tehtävä sisältää usein osien ostoa sekä asentamistöitä tuotantolinjan rakentamiseksi tai muokkaamiseksi kyseisen tuotteen valmistusta varten. (Ulrich 2008, s.3) Ryhmän yhteistointa on suuressa asemassa tuotekehityksessä. Ryhmän sisällä kukin toimija omaa tietyt tiedot ja taidot sekä tuntee oman työnsä hyvin. Täten tuotannon toimihenkilöt ovat hyvä lisä tuotekehityksessä, koska he saattavat tuoda suunnittelijoiden tietoon faktoja tuotteesta. Tällainen esimerkki voi olla, pystytäänkö tuote tekemään sellaisenaan vai sisältääkö se jotain valmistusteknisesti mahdottomia muotoja. On myös mahdollista, että suunnittelija ei ota huomioon paljonko jokin ominaisuus, joka on mahdollista tuottaa toisella tavalla, maksaa. Näitä rajoitteita pystyy tuomaan esiin henkilö, joka on asiantuntija eri alalla kuin suunnittelupuolen henkilö.

Tuotekehitysryhmä voi olla osallistujamäärältään todella suurikokoinen. Vastuuta ja toimenkuvia on siis hyvä jakaa. Ryhmästä voidaan määrittää ydinryhmä, jonka koko on pienikokoinen. Näin he pystyvät pitämään kokouksia suljetuissa tiloissa, kuten konferenssihuoneissa. Tuotekehitysryhmä kokonaisuutena voi olla jopa tuhansia henkilöitä kattava kokonaisuus. Se on kuitenkin tarpeellista jakaa ydinryhmään ja jatkettuun ryhmään. Täten ydinryhmässä olevat henkilöt toimivat omien ryhmänsä ja alaistensa kanssa kun he eivät ole ydinryhmän kanssa tekemisissä. Jälkeenpäin ydinryhmän edustajat jakavat tietoaan toistensa kesken. (Ulrich 2008, s.4)

2.2.3 Asiakaslähtöinen tuotesuunnittelu

”Asiakas on alkupiste kaikille suunnitteluprosesseille.” (Huhtala & Pulkkinen 2009, s. 196) Huhtalan ja Pulkkinen mukaan tuotekehityksen pitää lähteä liikkeelle asiakkaan tarpeista, jotta lopputulos palvelisi asiakkaita mahdollisimman hyvin.

Usein markkinointi ja myynti ovat ne yrityksen yksiköt, jotka edustavat asiakasta ja hänen vaatimuksiaan. Näiden yksiköiden tulee olla yhteydessä tuotekehitystiimin kanssa. Muussa tapauksessa vaaraksi muodostuu asiakkaan vaatimustietojen hämärtyminen. Vaikka asiakkaan roolia painotetaan, se ei ole ainoa asia, joka kohdistaa vaatimuksia tuotteeseen. Muita vaatimusten lähteitä ovat esimerkiksi standardit, lainsäädäntö, logistiikka ja yrityksen johto. Kuva 3 esittelee näitä ulkoisia- ja sisäisiä vaatimuksia, jotka vaikuttavat tuotteeseen iteroituvasti sen elinkaaren aikana. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.196)



Kuva 3 Tuotteeseen kohdistuvia ulkoisia ja sisäisiä vaatimuksia. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.197)

Kuvasta 3 on nähtävissä, että vaatimusten lähteitä on monia. Tämä johtuu siitä, että yritysten liiketoiminta perustuu tuotteiden myymiseen asiakkaille. Täten asiakkaiden vaatimuksiin on vastattava, vaikka ne olisivatkin vaihtelevia. Asiakkaat mahdollistavat yrityksen tuoton tekemisen, joten hyvät kontaktit heihin ovat tärkeitä.

2.2.4 Tuotekehityksen onnistuminen

Liikevoiton luomisen näkökulmasta onnistunut tuotekehitys tuottaa halvemmallalla valmistettavia ja kalliimmalla myytäviä tuotteita. Ulrich:n mukaan on luotu ainakin viisi mittaria, jotka kaikki viittaavat yrityksen tulokseen. Seuraavia viittä mittaria käytetään yleisesti tuotekehityksen arvioimisessa.

1. **Tuotteen laatu:** Mittaa onko valmistettu tuote tarpeeksi laadukas ja luotettava vastaamaan asiakkaan vaatimuksia. Tuotteen laadulla on suuri vaikutus siihen, paljonko asiakkaat ovat valmiita maksamaan siitä.
2. **Valmistuskulut:** Sisältää tuotteen valmistamiseen hankittujen materiaalien, työkalujen, koneiden yms. hankintakustannukset. Kun yhden tuotteen valmistukseen käytettävä kustannus tiedetään, pystytään myös arvioimaan tuotteen myyntihinta siten, että yritys saa siitä voittoa.
3. **Kehitysaika:** Mittari sille kauanko tuotekehitystiimiltä kuluu aikaa kehitysprojektin läpiviemiseen. Kertoo yrityksen kyvystä muuttaa strategiaansa ja toimintaansa. Syinä tällaisiin muutoksiin voivat olla muuttuvat markkinat tai teknologian kehitys.

4. **Kehityskulut:** Mittari tuotteen kehityksestä kertyville kuluille.
5. **Kehityskyky:** Oppiko tiimi nykyisen projektinsa ohessa mitään uutta, mikä edesauttaisi uusien tuotteiden kehittämisprojekteissa? Tämä mittari arvioi kehitystiimin kykyä jatkaa kehitystä tulevaisuudessa.

Onnistuminen yllä mainituilla osa-alueilla johtaa ajan myötä ekonomiseen onnistumiseen. Onnistuneelle tuotekehitykselle myös muita kriteereitä. Osakkeiden omistajille voiton luominen on prioriteetti. Yrityksen alueella eläville ihmisille on tärkeää, että tuotteen valmistus luo työpaikkoja. Tuotteen käyttäjille ja valmistajille tuotteen turvallisuuspuoli voi olla suuressa roolissa. (Ulrich 2008, s.2-3) Täten voi sanoa, että tuotekehityksen onnistumiseen vaikuttaa normaalien mittarien lisäksi monta asiaa, joiden kaikkien osa on tärkeä.

2.3 Suunnittelun näkökulmia

Tuotteen suunnitteluun sisältyy monia näkökulmia ja vaiheita. Tuotteen elinkaareissa on monta vaihetta ja niillä jokaisella on eri vaatimuksia. On kuitenkin kehittynyt eri vaiheisiin keskittyviä suunnittelufilosofioita, jotka käsittelevät tiettyjä aiheita tarkemmin. Tällaisia suunnittelun kohdeaiheita ovat esimerkiksi valmistettavuus, kokoonpantavuus ja huollettavuus.

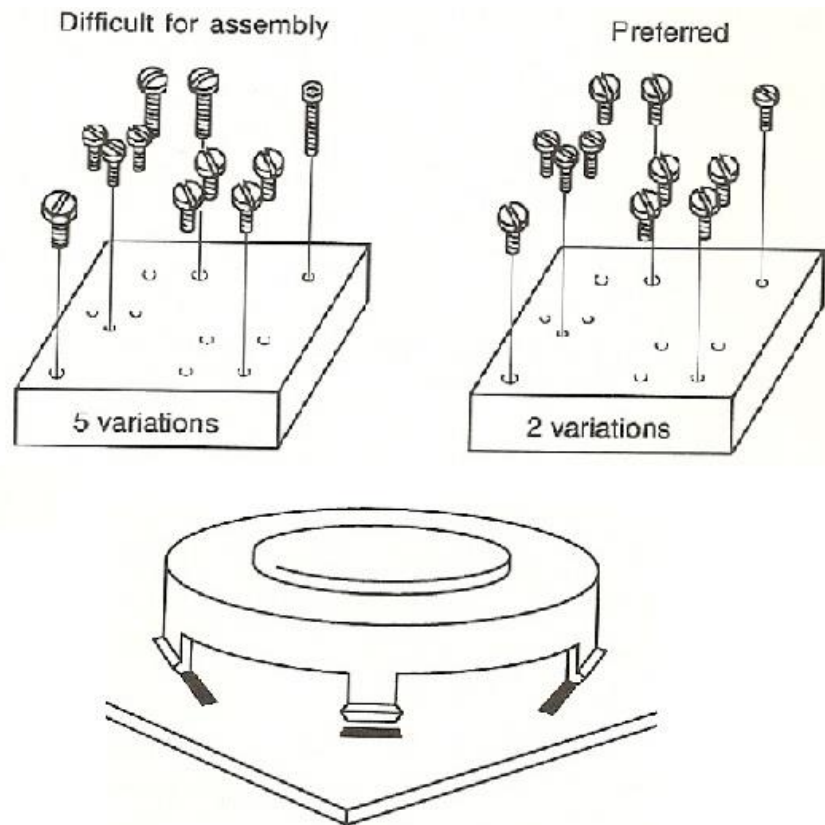
2.3.1 Design for Assembly

Perinteisessä manuaalisessa kokoonpanossa työntekijä suorittaa toimenpiteitä, jotka liittävät osia toisiinsa muodostaen lopullisen tuotteen tai alikokoonpanon. Kokoonpanojen osien tulee olla liitetty toisiinsa oikealla tavalla ja oikeassa järjestyksessä, jotta tuote on koottu oikein.

1980-luvulla nousi kiinnostus käyttää robotteja helppojen hitsaus- ja maalaustöiden lisäksi myös kokoonpanojen tekemiseen. Tämän vuoksi tuotteita piti suunnitella uudelleen helpommin koottaviksi. Tarkoituksena oli vähentää tuotteiden monimutkaisuutta, jotta robottien ohjelmointi ei olisi vaikeutunut. Helpommin kasattavilla tuotteilla pyrittiin virheiden mahdollisuuden minimointiin. Joskus tulokset olivat todella tuottavia, ja tuote suunniteltiin niin yksinkertaiseksi ja helposti kasattavaksi, että robottien käyttö ei ollut enää tarpeellista. (Helander & Nagamachi 1992 s. 171) Tässä työssä keskitytään manuaalisesti suoritettavaan kokoonpanoon.

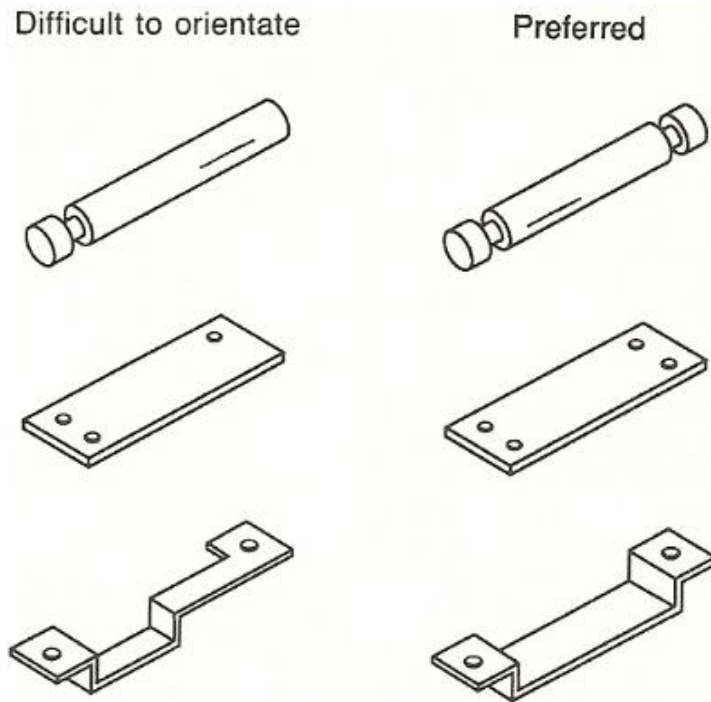
Kokoonpanon suunnittelu (eng. Design for Assembly) pyrkii vähentämään käytettyjen osien lukumäärää, yksinkertaistaen kokoonpanoa ja vähentäen siihen kuluva aikaa. Itse kokoonpanotyön on oltava mahdollisimman nopeaa ja yksinkertaista. (Helander & Nagamachi 1992, s.172) Tällaisia esimerkkejä voivat olla käytettävien ruuvien yhtenäistäminen, jotta erilaisia ruuveja olisi mahdollisimman vähän (Helander & Nagamachi

1992, s. 175). Lisäksi osia voidaan liittää vaihtoehtoisilla menetelmillä, jolloin käytettävien ruuvien lukumäärä laskisi. Samalla laskisi myös niiden kiinnittämiseen kulutettu aika. Tällainen vaihtoehtoinen kiinnitystapa on esimerkiksi kiinniketappien käyttö. Nämä tapaukset on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Kokoonpano helpottuu vähentämällä ruuvien moninaisuutta tai käyttämällä kiinniketappeja. (Helander & Nagamachi 1992, s.174-175)

Kiinnittämiseen kuluvan ajan lisäksi aikaa voi kulua kokoonpanossa tapahtuvien virheiden korjaukseen. On täysin mahdollista, että komponentti asennetaan väärin päin. Tähän voidaan vastata esimerkiksi symmetrian avulla. Asennettavia osia ei voi asentaa väärinpäin kun niiden orientaatiolla ei ole merkitystä. Kuvan 5 esimerkki esittää tämän periaatteen. Toisaalta Helander ja Nagamachi esittävät myös epäsymmetrisyyden liioittelun olevan avuksi. Se tekee asennettavan kohteen orientaatiosta jopa ilmeisen, jolloin asennusvirhettä ei tulisi tapahtua. (Helander & Nagamachi 1992, s 176)



Kuva 5 Symmetrisyyden helpottava vaikutus asennustöihin. (Helander & Nagamachi 1992, s.174-175)

Kokoonpanon suunnittelu ottaa kantaa muun muassa edellä mainittuihin kohtiin tuotteen suunnittelussa ja kehityksessä. Tarkoituksena on luoda tuote, jonka kokoaminen on helppoa ja nopeaa.

2.3.2 Design for Maintenance

Huollettavuuden suunnittelu (eng. Design for Maintenance.) on suunnitteluhaara, joka painottuu tuotteen huoltoon. Dhillon esittelee huollettavuuden olevan toimintoja suunnitteluvaiheessa ja asennuksessa, jotka laskevat muun muassa kunnossapidon tarvetta, siihen kuluien työtuntien määrää ja tarvittavien työkalujen määrää. Lisäksi ne laskevat myös logistiikkakuluja ja huoltamiseen tarvittavien taitojen tarvetta. Tarkoituksena on varmistaa tuotteen häiriötön toiminta. (Dhillon 1999, s. 1)

Tuotteen kunnossapitoa helpottavien asioiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon monta asiaa. Häiriön ilmetessä se tulee huomata ja paikantaa nopeasti. Tätä varten tuotteen toiminnan on oltava helposti testattavissa näytteiden tai mittausten muodossa. Se voi myös sisältää itsediagnostiikkaa, joka tarkoittaa kohteen sisäistä automaattista testaamista. Täten seisokkiaika lyhenee vian etsimiseen kuluneen ajan vähenemisen johdosta. (Dhillon 1998 s. 4-5 ; Järviö et al. 2007, s.42-43)

Luoksepäästävyys kuvaa vian lähestymisen helppoutta. Vika voi sijaita korkealla, jolloin tarvitaan nostotyökaluja tai kulkuväyliä sen luo pääsemiseksi. Mikäli vika ilmenee ahtaassa paikassa, voidaan joutua poistamaan materiaalia ja komponentteja tieltä, jotta vian luokse mahtuu työskentelemään. Luoksepäästävyys lisäksi on otettava huomioon huoltotoimenpiteen vaikeusaste, mahdolliset laitteiden sammuttamiset, sekä suojalaitteiden tai rakenteiden poistot. Toimenpiteiden on oltava myös turvallisia. Tuotteen huoltaminen helpottuu myös jos toiminta-alue on puhdas. Tästä syystä tuotteen puhtaan pitämisen on oltava helppoa. Viimeisenä huomioitavana asiana on vaihdettavuus, jolla tarkoitetaan tuotteen osien olevan vaihdettavissa niiden vikaantuessa tai vanhentuessa. Järviö et al. esittää näiden kaikkien kohtien olevan ominaisuuksia, joihin voi vaikuttaa suunnittelulla. (Dhillon 1998 s. 4-5 ; Järviö et al. 2007, s.42-43)

Huollettavuuden suunnittelua on hyvä soveltaa tehokkaasti. Tuotteelta on tällöin odotettavissa, että seisokkiaika vähenee lisäten käyntiaikaa. Lisäksi tuote on nopeasti käytettävissä häiriötoipumisajan laskun takia. Toipumisaika laskee, koska vika paikannetaan nopeammin ja sen huolto on suunniteltu helpoksi. Vaihdettavuudella ja puhdistamisella pyritään estämään viat, jotka johtuvat vanhan komponentin hajoamisesta tai yleisestä kulumisesta. (Dhillon 1999, s. 3) Huollettavuudella pyritään takaamaan tuotteen häiriötön toiminta edellä mainituilla tavoilla.

2.3.3 Design for Manufacturing

Tuotteen eliniällä on monta vaihetta ja valmistus on yksi niistä. Valmistuksella voidaan kuitenkin tarkoittaa koko prosessia tuotteen myynnistä sen lähetykseen. Puhuttaessa valmistuksen huomioivasta suunnittelusta (eng. Design for Manufacturing), tarkennetaan aika tuotteen elinkaareissa vain tuotteen fyysiseen valmistukseen. Tämän suunnittelufilosofian tarkoituksena on keskittyä jo suunnittelun alkuvaiheissa tuotteen valmistukseen. Pyrkimyksenä on suunnitella osia ja tuotteita, joiden tuottaminen on helpompaa ja ekologisempaa. (Poli 2001, s. 1-2)

Monet tuotteet koostuvat standardi- ja erikoisosista. Erikoisosien valmistukseen tarvitaan enemmän resursseja ja aikaa. Joissain tapauksissa on myös mahdollista, että pitää ensin suunnitella työkalut, joilla osa voidaan tuottaa. Valmistuksen suunnittelussa voidaan tarkkailla esimerkiksi geometrian vaikutuksia valmistukseen nähden. Valmistusta ajatellen voidaan myös pohtia, mikä on taloudellisin ja parhain mahdollinen tapa tuottaa joitakin osia. (Poli 2001, s. 10)

Tuote voi olla osa, kokoonpano, alikokoonpano, kone tai täysin valmis tuote, riippuen sen valmistajasta ja tarkoituksesta. Valmistuksen suunnittelua voidaan kuitenkin käyttää hyväksi kaikkien edellä mainittujen suunnittelussa. (Poli 2001, s. 5-6)

2.4 Modulointi

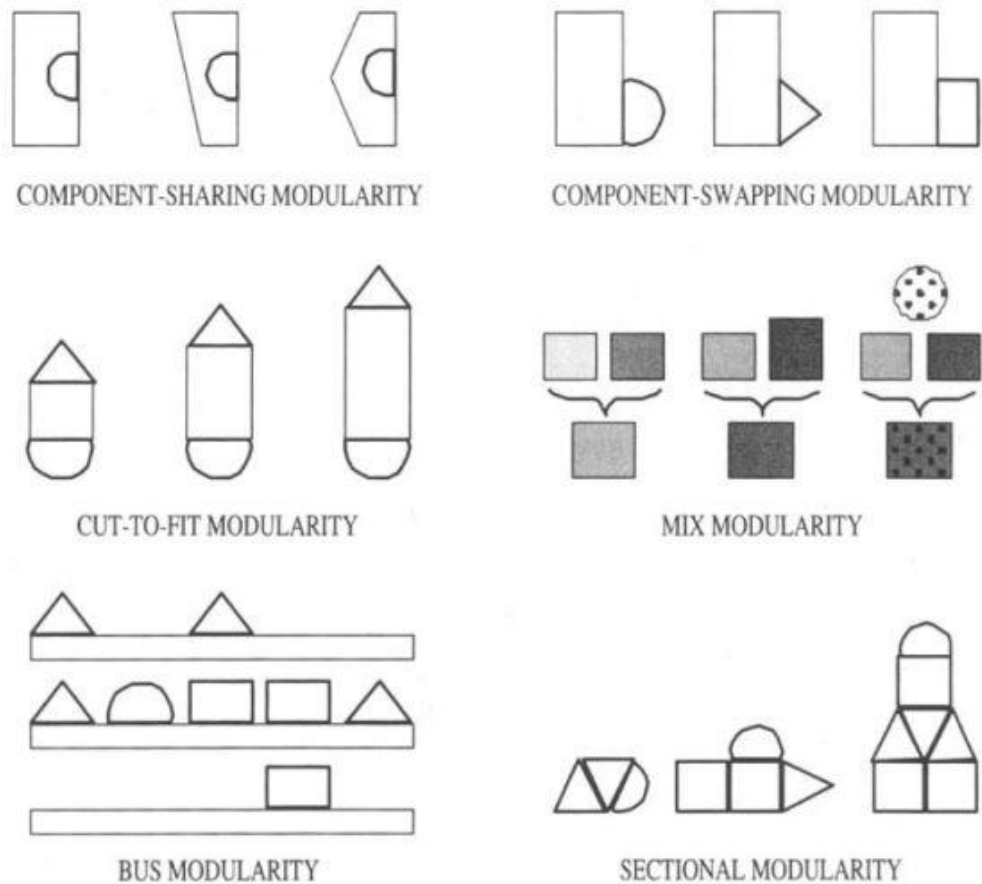
Yrityksillä on useampia asiakaskontakteja ja kullakin niistä on omat yksilölliset tarpeensa. Yrityksien on pystyttävä vastaamaan näihin tarpeisiin, jotta yhteistyötä voidaan jatkaa, eikä asiakas lähde etsimään asiantuntemusta kilpailevilta yrityksiltä. Nopeasti muuttuviin tarpeisiin on mahdollista vastata suunnittelemalla oma tuote tai palvelu räätälöitäväksi asiakkaan tarpeiden mukaiseksi.

Räätälöitävä tuote on mahdollista tehdä modulaarisesti. Modulaarisuus voidaan nähdä asiakkaan näkökulmasta ”pyykkilankana”, josta asiakas valitsee haluamansa moduulit. Modulaarisessa tuotteessa jokaisella yksittäisellä moduulilla on yksi toiminto (Ulrich 2008. s.165). Tämä mahdollistaa tuotteen muuttamisen vaihtamalla yksittäisiä moduuleita, jolloin tuotteen uudelleensuunnittelun tarve poistetaan. Tämä suunnittelun poisjääminen tarkoittaa, että tuotteen alustavassa suunnittelussa pitää jo alun perin ottaa huomioon kaikki mahdolliset tuotekonfiguraatiot.

Modulaarisuutta voidaan käyttää hyväksi myös tuotteen elinkaaren eri vaiheissa. Modulaarinen tuote koostuu moduuleista, jotka ovat keskenään vaihdettavissa. Täten tuote on helppo räätälöidä asiakkaan tarpeiden määritysvaiheessa. Toinen esimerkki modulaarisuuden hyödyistä tulee tuotteen elinkaaren loppupäästä. Mikäli jokin moduuli vanhenee tai hajoaa, sen vaihtaminen on oltava yksinkertainen ja nopea operaatio. Tuotteen viikaantuessa uuden toimivan moduulin vaihto vanhan sijalle korjaa tuotteen.

2.4.1 Modulaarisuuden tyypit

Modulaarisuutta ei ole vain yhtä lajia vaan modulaarisuuden hyödyt ovat saavutettavissa erilaisilla ratkaisuilla. Näiden eri tyylien käyttö riippuu tuotteesta. Kuva 6 esittää erilaisia modulaarisuuden tyyppejä.



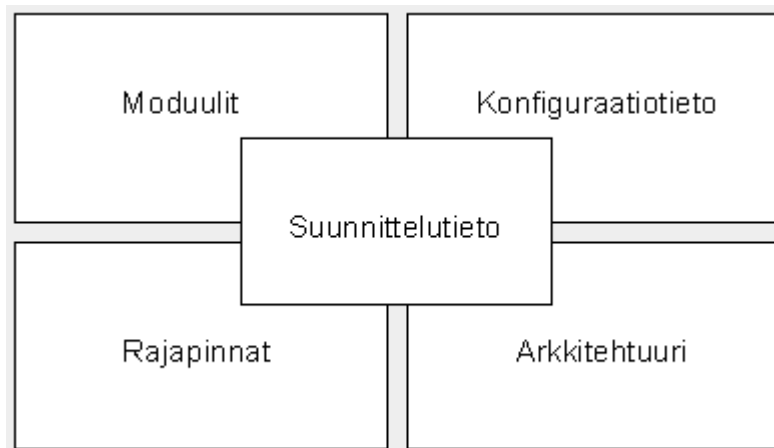
Kuva 6 Modulaarisuuden tyypit. (Lehtonen 2013)

Kuvassa 6 ensimmäisenä esiintyy komponentin jakava modulaarisuus (eng. Component-Sharing Modularity). Tässä moduloinnin tyypissä käyttäjällä on ydinmoduuli, joka on liitetty erilaisiin tuotteisiin luoden variaatioita. Kaikki kuvan 6 esittämät, tämän tyyppin moduulit voidaan sijoittaa tuotteeseen tiettyyn kohtaan. Tällä tavalla tuote saa eri ominaisuuksia moduulista riippuen. Räätelöitävä ominaisuus voi tällöin olla esimerkiksi komponentin muoto. Toinen esimerkki on komponentteja vaihtava modulaarisuus (eng. Component-Swapping Modularity). Tässä tapauksessa tuotteella on runko, johon luodaan variaatiota liittämällä siihen erityyppisiä moduuleita. Toiminto voi vaihtua niin kuin moduulin muotoakin. Seuraavana on vuorossa mittamodulaarisuus (eng. Cut-To-Fit Modularity), joka tarkoittaa moduulin toimintaperiaatteen samana pitämistä muuttamalla sen mittoja. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s. 158 ; Lehtonen 2007, s. 48 ; Humantec 2015, s. 2-13)

Yhdistelmämodulaarisuudessa (eng. Mix Modularity) on tarkoituksena yhdistää yhteen moduuliin useita ominaisuuksia ja toimintoja. Tällöin alkuperäiset moduulit sekoittuvat yhdeksi moduuliksi. Viimeisinä tulevat väylä- ja palamodulaarisuus (eng. Bus Modularity ja Sectional Modularity). Väylämodulaarisuudelle ominaista on kaikkien moduulien liittäminen tietylle rajapinnalle, joka yhdistää ne toisiinsa. Palamodulaarisuudessa moduulit kiinnitetään toisiinsa suoraan halutulla tavalla. Niiden orientaatiolla ei ole tässä tapauksessa suurta vaikutusta tuotteen toiminnallisuuteen. Lopputuote määräytyy itseensäisten moduulien kokoonpanosta, oli se millainen tahansa. (Huhtala & Pulkkinen 2009 ; Lehtonen 2007 s. 48; Humantec 2015, s. 2-13)

2.4.2 Moduloinnin osat

Modulointi on jaettavissa viiteen osaan jotka ovat: moduulit, rajapinnat, arkkitehtuuri, konfiguraatiotieto ja suunnittelutieto. Näitä kaikkia tarvitaan, jotta voidaan suunnitella modulaarinen tuote. Osat voi nähdä kuvasta 7.



Kuva 7 Moduloinnin osat.

Kuvasta 7 voi todeta suunnittelutiedon olevan osittain kaikkien muiden osien päällä. Tämä on yrityksen strategia. Se sisältää tiedon miksi modulaarijako on tehty tietyllä tavalla. Lisäksi tätä tietoa sovelletaan muissa osissa.

Moduulit ovat moduulijärjestelmän rakennuspalasia. Tämä tarkoittaa, että moduuli on olemassa vain osana moduulijärjestelmää (Lehtonen 2013, luento 1, kalvo 16). Mahdollisuus vaihtaa jokin tuotteen komponentti tai alikokoonpano toiseen ei tarkoita, että se olisi moduuli. Osa on moduuli vasta kun se käsittää kaikki kuvassa 7 näkyvät osat. Moduulijärjestelmän moduulien tulee olla järkevässä kokosuhteessa toistensa suhteen, eikä moduuli voi koostua muista moduuleista (Lehtonen 2013, luento 1, kalvo 20). Tämä helpottaa myöhemmin esiteltävien rajapintojen suunnittelua.

Konfiguraatiotieto sisältää ohjeet ja säännöt, miten modulaarinen tuote rakennetaan yksittäisistä moduuleista (Lehtonen 2013, luento 1, kalvo 34). Konfiguroitavuus tarkoittaa, että tuote on räätälöitävissä asiakkaan tarpeiden mukaan. Modulaarisen tuotteen luomisessa on tärkeää tietää, miten tuote on konfiguroitavissa. Tällöin pystytään esittämään asiakkaalle ennalta dokumentoitua tietoa mahdollisista tuotevariaatioista.

Rajapinnat ovat dokumentoitua tietoa eri moduulien välisistä rajoista. Niiden hallinta moduulijärjestelmässä on tärkeää. Moduloinnin monet hyödyt liittyvät tuotteen jakamiseen pienemmiksi osiksi. Näiden osien välillä on rajapintoja. Mikäli ne ovat epämääräisiä tai eivät pysy vakioina, on tuotteen kokoaminen hankalaa. Vaikeutta rikkoutumattomien rajapintojen määrittämisessä tuottaa se, että rajapintoja on mekaanisten rakenteiden lisäksi myös sähkö- ja hydraulikkajärjestelmissä. Moduloinnin onnistumisen periaatteena on rajapintojen hallinta. Niiden tulee olla muuttumattomia. (Lehtonen 2013, luento 1, kalvo 16)

Arkkitehtuuri voidaan käsittää moduulijärjestelmän laajuutena. Kun järjestelmän kaikki toimitusvariantit tunnetaan ja muunnoksia ei enää olla tekemässä, niin arkkitehtuuri on suljettu. Toisaalta yritys voi kaavalla lisäävänsä joskus uusia moduuleita tai toimitusvariantteja järjestelmäänsä. Tällöin arkkitehtuuri on pidettävä avoimena tulevaisuuden muutosten varalta. (Lehtonen 2013, luento 2, kalvo 16)

3. TUTKITTAVA TEKNOLOGIA

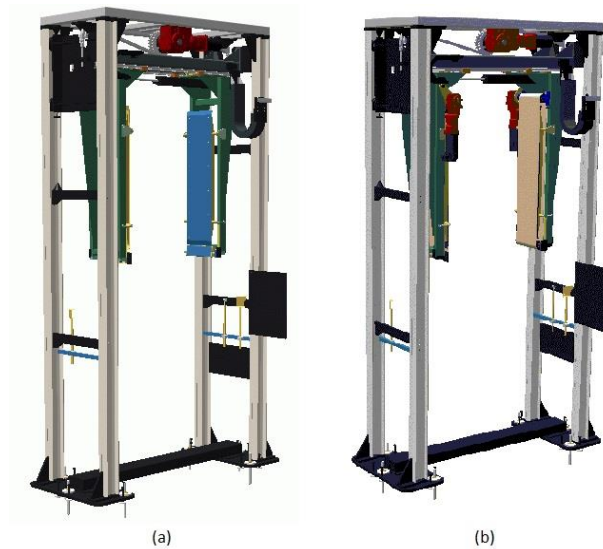
Yrityksen kanssa käydyssä keskustelussa päädyttiin tulokseen, että yrityksen tarjoamiin oheislaitteisiin kuuluvat pinontalaitteiden sekä pinonpurkajien lisäksi erilaiset viivakoodilukijat, leimalaitteet ja tunnistuslaitteet. Tämä kappale esittelee edellä mainitut oheislaitteet. Tällä tavalla niistä saadaan parempi käsitys ja voidaan tutkia muidenkin laitteiden tuotteistamista tai sisällyttämistä luotavaan tuoteperheeseen. Muiden tuotteiden mahdollinen tuotteistaminen oli yksi alkuperäisistä tavoitteista.

Koska työn pääpaino on asetettu juuri pinonpurkajan tuotteistamiseen, esitellään se yksityiskohtaisemmin. Tämän jälkeen esitellään lyhyesti muut edellä esitetyt oheislaitteet. Kappale sisältää myös informaation välitykseen tarvittavaa tekniikkaa ja servojärjestelmiä käsittelevät kappaleet, koska pinonpurkajan toiminta perustuu niiden käyttöön. Kappale päättyy oheislaitteiden ohjausta käsittelemään alikappaleeseen.

3.1 Pinonpurkajat

Yritys tarjoaa kahta eri pinonpurkajaa, hidasta ja nopeaa mallia. Nämä ovat nähtävissä kuvassa 8. Hitaammassa mallissa (a) sivupuristimina toimivat levyt, joilla voidaan puristaa purettavaa pinoa. Pinon purkaminen tapahtuu tarttumalla rengaspinoon jättäen alin rengas vapaaksi. Pinoa nostetaan, jotta alimmainen rengas voidaan poistaa sen alta. Kun rengas on poistunut pinonpurkajan alueelta, lasketaan rengaspino takaisin kuljettimelle. Tämän jälkeen työtahti toistetaan, ja rengaspinoon tartutaan taas jättäen alin rengas vapaaksi. Toiminta jatkuu kunnes pinoa ei ole enää jäljellä.

Nopeampi malli (b) vastaa runkonsa rakenteelta hitaampaa mallia. Tässä mallissa sivupuristimet on muutettu hihnoiksi, joita voidaan ohjata. Täten purkajan alle saapuvaan rengaspinoon tarvitsee tarttua vain kerran. Tämän jälkeen raamia nostetaan sen verran, että alimmainen rengas voidaan siirtää pinon alta pois. Puristimien hihnoilla lasketaan renkaita alaspäin liikuttamatta raamia, jolloin ne tippuvat yksitellen kuljettimelle. Renkaat erotellaan nopeammin, koska nostoraamin toistuvat liikkeet on poistettu hihnaratkaisulla.

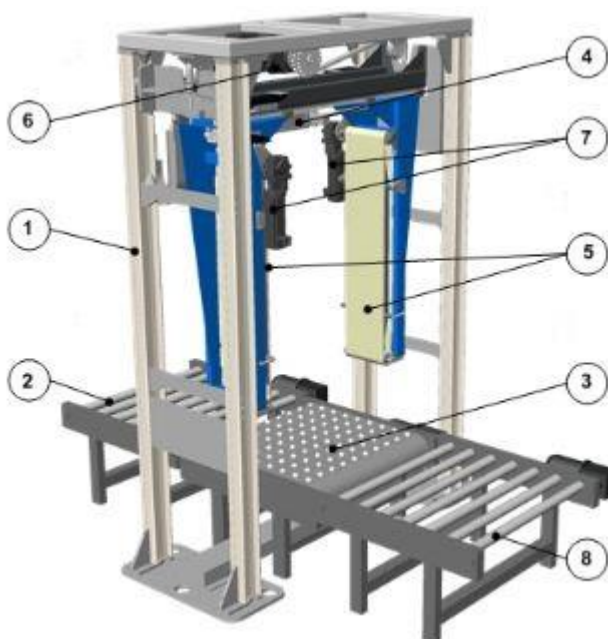


Kuva 8 Hitaampi (a) ja nopeampi (b) pinonpurkaja.

Kuvassa 8 esitetyn a-mallin pinonpurkaja on mahdollista muuttaa pinontalaitteeksi muokkaamalla sen suorittamaa sekvenssiä. Täten hitaampi malli sopii kahteen eri toimintoon samalla rakenteella. Nopeampi malli sen sijaan sopii vain pinojen purkamiseen, koska renkaiden nostaminen vaatisi hihnoja ohjaavilta servomoottoreilta suuren voiman. Samalla on mahdotonta saada rengas mahtumaan jo puristuksessa olevien tarttujen väliin.

3.1.1 Toimintaperiaate

Pinonpurkaja on laite, joka tarttuu pinoon ja erittelee sen yksittäisiksi osiksi. Täten koneelle saapuu pino renkaita ja ne poistuvat koneelta yksi kerrallaan. Renkaat poistuvat koneelta järjestyksessä, alimmainen ensimmäisenä. Alla on esitetty koneen toiminta tarkasti toiminta-askelittain.



Kuva 9 Pinonpurkajan osat ja toiminnot.

Kuvan 9 mukaista oheislaitetta käytetään rengaspinon purkamiseen yksittäisiksi renkaiksi. Purkajan runko (1) on asennettu kuljettimien yläpuolelle siten, että rengaspino saapuu laitteelle kuljetinta (2) pitkin. Pinon ollessa oikeassa kohdassa kuljettimella (3) se pysähtyy. Tämän jälkeen purkaja puristaa pneumaattisesti (4) pinoa sivuilta. Puristus tapahtuu hihnoilla varustetuilla sivupuristimilla (5). Purkaja nostaa pinoa ylöspäin servo-ohjatulla pystyliikkeellä (6). Kun pino on nostettu ylös, painajien hihnoja ohjaavat servot (7) liikuttavat hihnoja laskien rengaspinoa alaspäin. Tuloksena pinonpurkaja pudottaa renkaita yksi kerrallaan alustalle (3), josta ne lähtevät eteenpäin kuljetinta (8) pitkin. Laite palaa alkutilaansa, kun viimeinen rengas on pudotettu. Työsykli alkaa alusta uuden rengaspinon saapuessa laitteelle.

3.1.2 Rakenne

Kuvia 8 ja 9 tarkastelemalla voidaan olettaa pinonpurkajien koostuvan rungosta, nostoraamista ja puristusvarsista. Vierailu tuotantotiloissa 12.8.2015 osoitti, että nämä osat kootaan alikokoonpanoina. Pinonpurkajien rungot ja nostoraamit kasataan vierekkäisissä työpisteissä. Nostoraamin kasaaminen tapahtuu rakentamalla sen alusta ja puristusvarret erikseen. Osien valmistuttua puristusvarret nostetaan tuotantotilaan rakennetulla siltanosturilla niille tarkoitetulle nostoraamin kehikolle ja kiinnitetään paikalleen. Nostoraamiin liitetään tämän jälkeen loput kokoonpanon määrittämät osat. Tämän alikokoonpanon valmistuttua se nostetaan rungon yläpuolelle ja lasketaan paikalleen.

Laitteiden suunnittelussa on käytetty hyväksi kirjallisuuskatsauksen esittämiä kokoamisen ja valmistuksen suunnittelua. Niiden käyttö on todettavissa siten, että suunnittelu on ottanut huomioon laitteen valmistuksen alikokoonpanoina. Laite on helpompi tuottaa rakentamalla se alikokoonpanoina, jotka on yksinkertaista liittää yhteen. Valmistuksen huomioon ottava suunnittelu pyrki valmistuksen onnistumiseen nopeammin ja ekologisemmin. Kokoonpantavuuskin on otettu huomioon alikokoonpanojen suunnittelussa. Kokoonpanon suunnittelu on nähtävissä kuvissa 8 ja 9 esitettyjen pinopurkajien rungoissa. Kuvassa 8 selkeämmin nähtävät mustat tukitangot laitteen rungossa on suunniteltu kokoonpanon huomioon ottavan suunnittelun mukaisesti. Tuet on asetettu eri korkeuksille, täten runko on epäsymmetrinen. Design for Assembly -kappaleessa esitettiin symmetrisyyden olevan vastaus, mikäli tahdottiin vähentää laitteen kasaamisessa tapahtuvia virheitä. Toisaalta epäsymmetrisyyden käyttämisen todettiin joskus olevan parempi vaihtoehto. Tässä tapauksessa on päätetty käyttää epäsymmetrisyyttä hyväksi. Kun kuvaa 8 tutkitaan tarkemmin, voidaan todeta myös nostoraamin kelkkojen olevan erikorkuiset. Tämän vuoksi nostoraami voidaan asettaa runkoon vain tietyssä orientaatioissa. Kysyttäessä kokoonpanoa suorittaneelta henkilöltä orientaation merkityksestä, vastaus oli kirjallisuuskatsauksen mukainen. Sähköjä asentaessa johdotukset tehdään aina samalla tavalla, kun mekaaninen kokoonpano on sama. Toinen kysymys oli kuinka paljon aikaa pinonpurkajan valmistamiseen kuluu. Arviot väittivät mekaanisen kokoonpanon olevan valmis päivässä. Täysin valmiin, toimivan laitteen valmistukseen kului arviolta noin viikko.

3.1.3 Toiminnalliset osat

Pinonpurkajasta on todettavissa kolme toimintaa. Nämä ovat rengaspinoon tarttuminen, sen nostaminen ja renkaiden tiputtaminen takaisin kuljettimelle. Tämä pätee nopeampaan malliin. Hitaassa mallissa toimintoja olisi vain tarttuminen, irroittaminen sekä koko rengaspinoon jatkuvat nosto- ja laskuoperaatiot, jotka erottelisivat renkaat. Tässä työssä keskitytään nopeampaan malliin, joka oli b-malli kuvassa 8. Tässä mallissa sekä pinon nostaminen, että renkaiden erottelu tapahtuu Bosch Rexrothin valmistamilla servomoottoreilla. Nämä laitteet kuuluvat MSK-mallistoon ja ne on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Nopeamman pinonpurkajan servomoottorit. (D253701)

Moottori	Toimenkuva
MSK 070D-0300-NN-M1-UG1-NNNN	Rengaspinoon tarttuvan nostoraamin nosto ja lasku.
MSK 050C-0300-NN-M1-UG1-NNNN	Renkaita erottelevien hihnojen liikuttaminen.

Tyypikoodit kertovat tarkkaa tietoa moottoreista. Taulukon 1 sisältämissä tyypikoodissa ensin nähtävissä oleva MSK kertoo moottorien kuuluvan Rexrothin servomoottorisarjaan. Seuraavat kolme lukua kertovat moottorin koon. Niistä voidaan päätellä myös moottorin suorituskyky. Tällöin isompi luku tarkoittaa parempaa suorituskykyä. Tämä käy järkeen taulukon 1 kanssa, koska renkaiden ja niihin tarttuvan raamin nostamiseen tarvitaan paremman suorituskyvyn omaava servomoottori, kuin mitä tarvitaan pelkkien renkaiden puristavien hihnojen liikuttamiseen. Edellisistä kolmesta luvusta viimeisin antaa myös tiedon moottorin inertiaasta. Kummassakin tarkasteltavassa servomoottorissa tuo luku on nolla, joten Rexrothin manuaalin mukaan inertiat ovat normaalit. (Rexroth 2009, s.101)

Seuraavana tyypikoodissa esiintyvä kirjain kuvaa moottorin pituutta. Tämä luku kasvaa kirjaimen edessä aakkosjärjestyksessä. Pituuden jälkeen tyypikoodissa on neljä numeroa, jotka ovat tässä työssä molemmissa tapauksissa 0300. Ne kuvastavat servon käämitystä ja antavat tietoa niillä saavutettavista nopeuksista. (Rexroth 2009, s.101)

Jokainen moottori lämpenee toimiessaan. NN tarkoittaa moottorin jäähtymisen tapahtuvan luonnollisesti. Tällöin käytetään konvektiota moottorin jäähtyttämiseksi. Lisätietona manuaalissa on annettu tuulettimen kiinnityksen mahdollisuus, joka parantaa jäähtymistä.

Merkintä M1 tarkoittaa, että moottori sisältää Hiperface-koodaimen (eng.encoder). Tyypikoodien kohta UG1 on jaettavissa kolmeen osaan:

- U tarkoittaa laitteen sisältävän liitännät koodaimille ja virtalähteelle.
- G tarkoittaa laitteen akselin olevan uraton.
- Numero 1 kuvaa laitteen sisältävän jarrun. Nolla tarkoittaisi, että laitteessa ei ole jarrua sen lukitsemiseen.

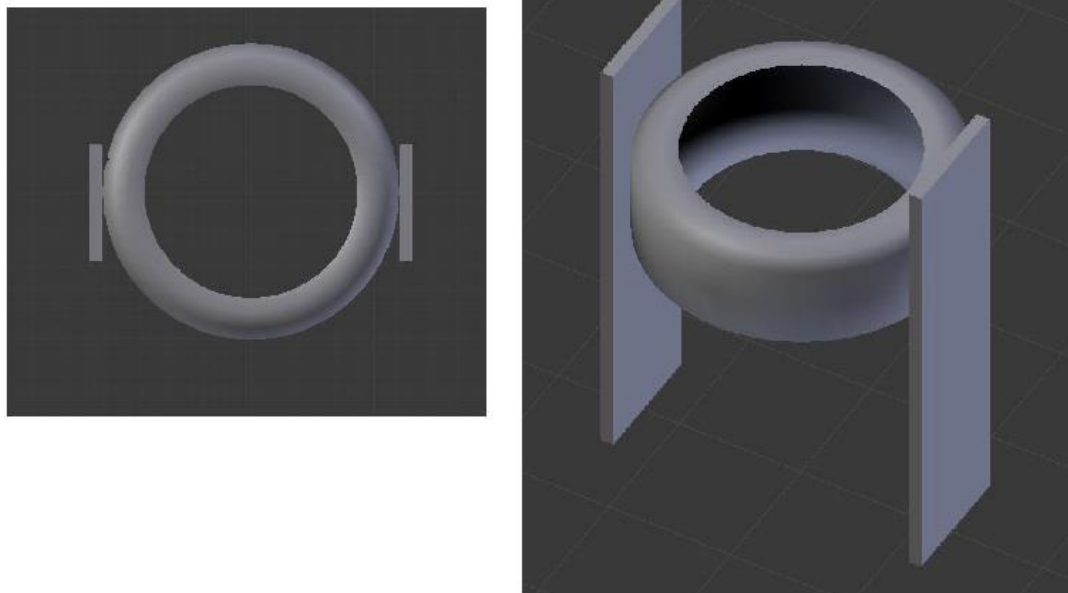
Viimeiset neljä kirjainta kuvaavat servomoottorin mallia. NNNN tarkoittaa laitteen olevan perusmalli. (Rexroth 2009, s.101-104) Tyypikoodien osien merkitykset ovat tarkasteltavissa liitteessä 1.

Servomoottorien lisäksi pinonpurkaja tarvitsee myös pneumatiikkaa toimiakseen, koska renkasiin tarttuminen on suoritettu pneumaattisesti. Nostoraamin yläosassa sijaitsee kaksi pneumaattista sylinteriä. Näistä ensimmäinen on suurempikokoinen jarrulla varustettu sylinteri. Se suorittaa puristukseen tarvittavan liikkeen ja lukittuu sitten paikoilleen. Toinen sylinteri on pienikokoinen ja toimii ”jousena” puristuksen ohjaukseksi. Tämä ratkaisu on kehitetty, koska rengaspinoon tarttuessa puristetaan isoa alaa ja mas saa. Monta rengasta vaatii enemmän puristusvoimaa kuin yksi, jolloin renkaiden vähentyessä voimaa tarvitaan vähemmän. Tuoreiden ja vielä pehmeiden renkaiden vähentyessä puristus saattaa olla niille liian suuri, jolloin ne saattavat painua kasaan. Tämän takia pienemmällä sylinterillä ohjataan puristuksen voimaa sen aikaa, kun pinoon ollaan tarttuneina.

Työn aikana esille nousi aihe, jossa yritys on pitkään miettinyt hankkiutuvansa eroon paineilman käytöstä. Ensimmäisenä syynä oli, että paineilmajärjestelmissä voi ilmetä vuotoja. Lisäksi ilman suuren kokoonpuristumisen takia pneumaattisen toimilaitteen tarkka ohjaus on hankalaa (Anttonen J.). Esille nousi idea uuden servomootorin lisäämisestä laitteeseen. Tämä laite voisi suorittaa puristamiseen tarvittavan liikkeen. Keskusteltaessa aiheesta, ongelmia ilmeni sekä laitteen hinnassa, että voimassa. Voiman puolesta servojärjestelmää voi ohjata, mutta se olisi haasteellista suorittaa tuoreille ja siten pehmeille rengasaihioille. Vaarana olisi renkaiden puristaminen käyttökelvottomiksi. Ongelmia saattaisi myös ilmetä servomootorin asentamisessa nostoraamiin. Osa pitäisi pahimmassa tapauksessa suunnitella kokonaan uudestaan, jotta siihen pystyttäisiin asettamaan servomoottori ja sen mahdolliset rajapinnat liikutettaviin osiin. (Anttonen J.)

3.1.4 Pinon keskitys

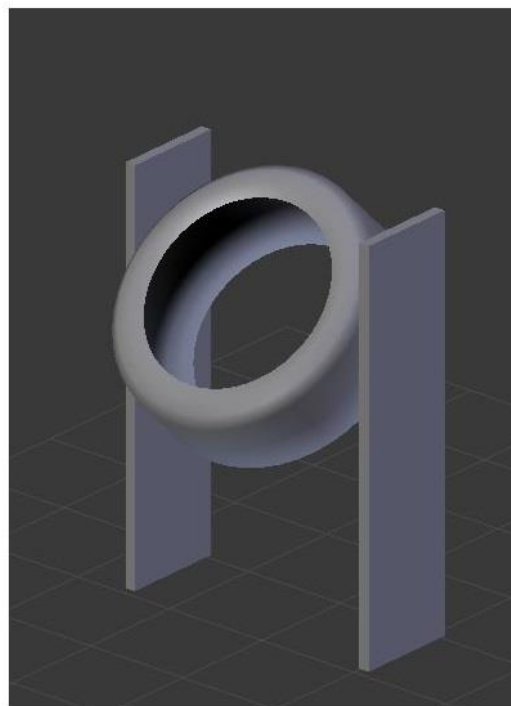
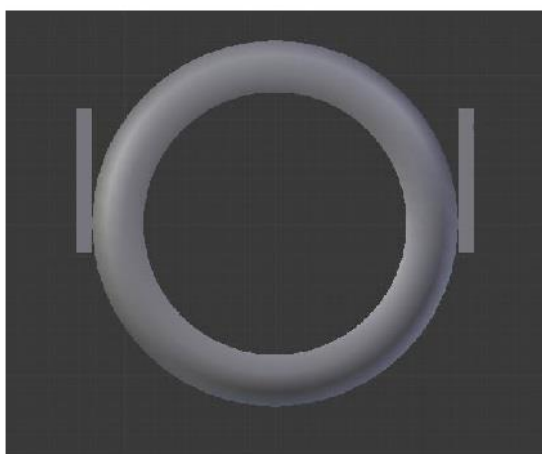
Kun rengaspinoon tartutaan, pitää otteen olla varmasti pitävä. Tähän vaikuttaa toimilaitteiden toiminnan ja puristusvoiman lisäksi rengaspinon sijainti nostoraamin alla kun siihen tartutaan. Tarttuminen on onnistunut jos renkaaseen tartutaan sen halkaisijan ollessa suurimmillaan. Tämä mahdollistaa parhaan tarttumispinnan. Periaatekuvassa 10 on esitetty hyvä tarttuminen.



Kuva 10 Periaatekuva renkaaseen sivuilta tarttuneesta purkajasta. (Pelkistetty)

Purkajalle saapuu erilaisia rengaspinoja, jotka ovat tyyppipuhtaita. Tämä tarkoittaa, että ne sisältävät vain yhden tyyppisiä renkaita. Purkajan on pystyttävä tarttumaan isoista tai pienistä renkaista koostuviin pinoihin yhtä hyvin. Piste, johon rengaspino pysäytetään,

ei ole vakio. Renkaan halkaisija vaikuttaa sen leveimmän pisteen sijaintiin. Tämän vuoksi aiheeseen pitää puuttua logiikan puolesta. Purkajan tulee pystyä pysäyttämään sen alueelle saapuva rengaspino aina oikeaan asemaan riippumatta siitä, mitä rengastyyppejä sen alle on saapumassa. Renkaiden korkeus voi myös vaihdella niiden tyypistä riippuen. Renkaiden korkeus vaikuttaa niiden erottamiseksi tarvittavien painajien hihnojen pyörimisen määrään. Pinon korkeus vaikuttaa myös nostoraamin liikkumiseen. Purkajan nostoraamin ohjauksen tulee ohjata nostoraami oikealle korkeudelle, jotta se tarttuu pinoon oikealla korkeudella. Huono tarttuminen voi johtaa rengaspinoon kaatumiseen. Esimerkkinä tästä toimii kuva 11.

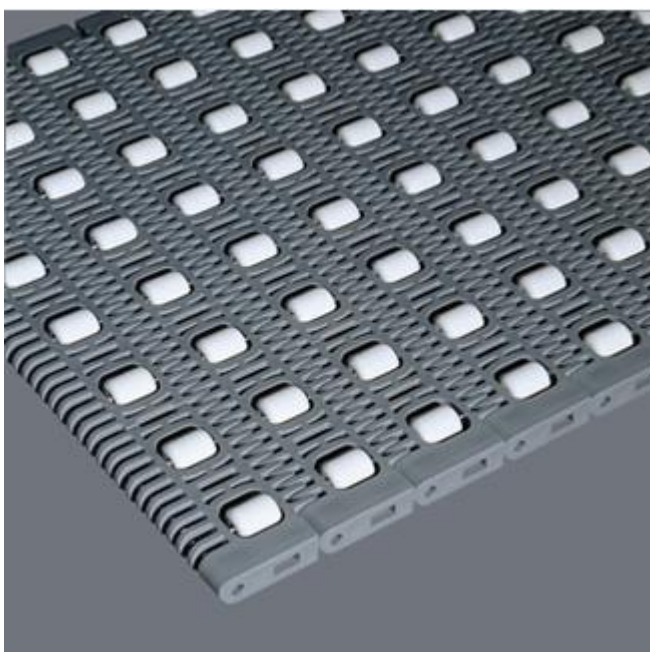


Kuva 11 Periaatekuva huonosta tarttumisesta. (Pelkistetty)

Toinen huomio renkaiden asemassa on niiden sivuttaissuuntainen keskitys. Kun pino saapuu purkajalle, sen sijainti voi olla kuljettimen leveyden suhteen sivussa, jos kuljettimella ei ole sivuohjaimia. Purkaja joutuu tällaisessa tilanteessa luomaan suuren määrän voimaa liikuttaakseen pinoa sivuttaissuunnassa puristuksen aikana. Pino tulee olemaan keskitetty, kun siihen ensin törmännyt tarttuja on työntänyt sen niin pitkälle, että toinen tarttuja osuu siihen ja puristus tapahtuu. Tässä tapauksessa ongelmana on se, että renkaat ovat vielä tuoreita ja pino painava. Kun pino pakotetaan liikkumaan pitkin kuljetinta, muodostuu renkaan ja kuljettimen telan väliin kitkaa. Tämä voi pilata alimmaisrenkaan siihen kohdistuvan suuren sivuttaisvoiman johdosta. Tähän ongelmaan on vastattu pinonpurkajan nostoraamin suunnittelussa. Sen rakenne ei ole kiinteästi keskitävä (Kurkio K.). Mikäli rengaspino ei ole sivuttaissuuntaisesti keskellä, toinen tarttuja kohtaa sen ensin. Tällöin kyseisen tarttujan liike pysähtyy ja toisen puolen tarttuja jatkaa liikettään, kunnes se myös luo kontaktin rengaspinoon. Pino keskitetään vasta kun

se on nostettu irti kuljettimelta. Ilmassa rengaspinon liikuttaminen tarvitsee vähemmän voimaa kitkan vähentymisen johdosta ja se voidaan suorittaa pneumatiikkasynterillä. Keskityksen suorittava mekanismi on sijoitettu nostoraamin yläosaan.

12.8.2015 suoritettu vierailu Cimcorpin tuotannossa paljasti myös toisen tavan keskittää rengaspinon sivuttaissuunnassa. Vierailun aikana annettiin esitys toimivalla pinonpurkajalla ja siitä sai hyvän käsityksen laitteen toiminnasta. Esittely paljasti, että laitteessa ei ollut edellä esiteltyä keskitysmekanismia, jolla rengaspinon keskitetään sen noston jälkeen. Käytetyssä laitteessa oli vastattu kuljetin ja rengaspinon väliseen kitkaan kuljetin matolla. Kysyttäessä maton tyyppiä, vastaus oli Intralox:n Transverse Roller Top -malli (TRT). Kuva 12 antaa paremman käsityksen matosta ja sen toimintaperiaatteesta.



Kuva 12 Intralox:n sarja 400, Transverse Roller Top –kuljetinmatto. (Tracepartsonline.net 2010)

Kuvassa 12 esitelty matto on asennettu kuljettimelle suoraan pinonpurkajan alapuolelle. Rengaspinon saapuessa kuljettimelle kuljetin pyörittää mattoa ja siirtää rengaspinon nostoraamin alapuolelle. Pinoon tartuttaessa, mattoon sijoitetut rullat sallivat pinon siirtymisen sivuttaissuunnassa, vähentäen kitkaa.

3.1.5 Projektikohtainen toteutus

12.8.2015 käynti Cimcorpin tuotantotiloissa paljasti pinonpurkajan mekaanisen toteutuksen vaihtelevan. Rakennetta käsittelevässä kappaleessa oli esitetty puristukseen käytettävän kahta erikokoista sylinteriä. Näistä suurempi oli tarkoitettu puristamiseen ja pienempi puristuksen määrän ohjaukseen. Tuotantotiloissa esitellyssä toteutuksessa oli vain suurempi sylinteri.

Nostoraamin suhteen toteutusvaihtoehtoja oli kaksi. Ensimmäisenä kiinteä puristus, joka työnsi pinon kuljettimien keskelle. Toisena ”liukuva” puristus, jossa rengaspinon tarttuma-alue vaihteli sen sijainnin mukaan. Tuotantotiloissa sijaitsevassa mallissa oli kiinteä puristus.

Nostoraamin toteutus vaikuttaa myös pinonpurkajan alle sijoitettuun kuljettimeen. Kun nostoraami ei siirrä tarttumiskohtaansa rengaspinon mukaan, on käytettävä kuljettimia jotka mahdollistavat sivuttaissiirtymän. Esimerkkinä voidaan käyttää kuvan 12 mukaista kuljetinmattoa.

Edellä on esitelty jo monta vaihtuvaa tekijää tuotteen kokoonpanon ja valmistuksen kannalta. Vierailun aikana kysyttiin, mistä nämä muuttujat johtuvat. Vastaus oli, että pinonpurkajan rakenne muuttuu asiakkaan ja projektin mukaan.

3.1.6 Tuotanto

Haastatteluissa ilmeni kaksi toisistaan eriyvää mielipidettä tuottaa tarkasteltava pinonpurkajayksikkö. Ensimmäinen näistä käsitteli pinonpurkajaa omana yksikkönään, joka voitaisiin rakentaa sellaisenaan ja asettaa mihin tahansa osaan linjastoa. Toinen mielipide oli, että pinonpurkaja on parempi rakentaa kuljettimien kanssa samana yksikkönä ja lähettää sitten asiakkaalle. Yrityksen nykyinen toiminta vastaa jälkimmäistä mielipidettä.

Pinonpurkaja, joka on liitettävissä mille tahansa kuljettimelle, on mielenkiintoinen idea. Tällöin valmistettaisiin pinonpurkaja, jonka ulkomitat olisivat sopivat minkä tahansa levyisille kuljettimille. Kuljettimien leveyden määrittää niiden kuljettamien renkaiden ulkomitat (Anttonen J.). Pinonpurkajassa olisi tässä tapauksessa tarkkaan määritetyt rajapinnat. Se olisi siis mahdollista kytkeä kuljettimien antureihin ja moottoreihin kiinni helposti. Samalla se pitäisi pystyä liittämään ylemmän tason ohjaukseen ja mahdolliseen omaan ohjauspaneeliinsa. Tämä ohjauspaneeli voi olla monen mahdollisen yrityksen tekemä, joten laitteen käyttöliittymän on vastattava eri paneelien vaatimuksia (Varjus E.). Rakenteellisesti pinonpurkaja on mahdollista suunnitella uudelleen siten, että on mahdollista tuottaa eri levyisiä purkajia eri levyisille kuljettimille. Se ei kuitenkaan riitä. Rajapintojen hallinta on haaste tässä tapauksessa. Modulaarisuutta hyväksi käyttämällä tuote voitaisiin suunnitella uudelleen vastaamaan muiden laitevalmistajien rajapintoja.

Samalla pystyttäisiin luomaan modulaarinen rakenne. Tämä vaatii suuren panostuksen yritykseltä. Toinen ongelma on testattavuus. Kun rakennetaan pelkkä pinonpurkaja ilman kuljettimia, sitä on vaikeata testata ja hienosäätää mekaaniset sekä ohjelmalliset arvot oikeiksi. Yritys voisi rakentaa testausalustan vain pinonpurkajien testaukseen. Tämä alusta olisi kuljetinpätkä johon pinonpurkaja asetettaisiin testattavaksi ennen asiakkaalle lähettämistä.

Toinen näkökanta, jossa pinonpurkaja rakenne olisi integroitu kuljettimiin ja kaikki osat kasattaisiin Cimcorpin tiloissa, on yksinkertaisempi. Tässä tapauksessa pinonpurkaja rakennetaan ja asennetaan käytettävien kuljettimien päälle. Kuljettimet yritys tilaa aina kuljetintoimittajilta (Anttonen J.). Pinonpurkajan toiminta voidaan tällä tavalla testata sekä hienosäätää kuntoon yrityksen omissa tiloissa. Nämä toiminnan varmistukset tulevat näkymään asiakkaalle siinä vaiheessa, kun se vastaanottaa automaatiojärjestelmänsä, joka sitten kasataan asiakasyrityksen tiloissa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Cimcorp lähettää kuljettimet ja oheislaitteensa asiakkaalle yleensä kokonaisuuksina rahdissa. (Kaartinen T.)

Kun testaus on suoritettu Cimcorpin tiloissa valmiiksi, tulisi pinonpurkajan toimia oikein asiakkaankin tiloissa. Testaus tuotteen valmistajan omissa tiloissa tulee myös halvemmaksi kuin asiakkaan tiloissa. Tämä on perusteltavissa siten, että Cimcorpin tiloissa testaus tapahtuu omien työntekijöiden toimesta normaaliin työaikaan. Pahimmassa tapauksessa käy niin, että tuote on kasattu asiakkaan yrityksessä ja se ei toimi. Se pitää silloin korjata nopeasti, koska tällöin asiakkaan tuotanto ei toimi. Se ei silloin myöskään, tuota yritykselle mitään. Kun näin tapahtuu, pitää lähettää oman tehtaan asiantuntija asiakkaan yritykseen suorittamaan huoltoa ja testausta. Tämä maksaa paljon enemmän kuin työn teettäminen talon sisäisesti sen omissa tiloissa. Mukautuvan pinonpurkajan omasta testausalustasta huomautettiin, että se pitäisi rakentaa johonkin kohtaan omia tiloja ja siten se veisi tilaa muulta toiminnalta. Samalla se olisi myös kustannus, joka ei koskaan suoraan tuota mitään.

3.2 Muut Oheislaitteet

Cimcorp Oy tarjoaa muitakin oheislaitteita rengasteollisuuteen toimittamissaan automaatiojärjestelmissä. Niitä ovat viivakoodinlukijat, leimalaitteet, tunnistuslaitteet. Yrityksen sisäisesti tunnistuslaitteet on nimetty ”Spotting-laitteiksi”, joten samaa nimitystä käytetään tässä työssä. Edellä luetellut oheislaitteet esitellään tässä kappaleessa.

3.2.1 Viivakoodinlukijat

Jäljitettävyyys ja seuranta ovat tärkeitä ominaisuuksia tuotannossa. Tämän takia tehtaassa on pisteitä, joissa tarkistetaan ohi kulkeva tuote. Mikäli seuranta tapahtuu viivakoodeilla, niin näistä pisteistä löytyy viivakoodinlukijoita. Nämä laitteet lukevat renkaista niiden sarjanumeron. Tällaisella seurannalla tiedetään renkaan tyypin lisäksi myös sen sijainti ja voidaan vaikuttaa sen etenemiseen tuotannossa. Cimcorpin toimittaman varastonohjausjärjestelmän on tiedettävä renkaiden sijainti tuotantotilan jokaisessa osassa. Tämän tiedon kautta se voi ohjata renkaita toisille työ- tai varastointipisteille.

Tarkastuspisteitä tarvitaan reaaliaikaisen paikkatiedon ylläpitämiseksi. Tapaus olisi toinen, jos renkaita kuljettava linjasto olisi suora. Tämä tarkoittaa, että se ei sisällä risteyksiä tai työpisteitä. Sen myötä varastonohjausjärjestelmälle olisi selvää, että tuote kulkeutuu valmistuksensa jälkeen suoraan tuotantolinjan loppupäähän. Tuotteella voi kuitenkin olla työpisteitä tai välivarastoja, joiden toiminnasta ei voida olla varmoja. Tuote voi vaikka jumittua linjalle. Operaattorin on tuolloin poistettava se linjalta, mikäli se on vikaantunut mahdollisen puristuksen voimasta. Tämä sekoittaa varastonohjausjärjestelmän, koska sen tieto renkaan sijainnista ei enää ole oikea. Kun poistetun renkaan pitäisi järjestelmän mukaan saapua tiettyyn pisteeseen, saapuukin sitä seuraava rengas. Tuote tulee tästä syystä poistaa manuaalisesti järjestelmästä, kun se poistetaan kuljettimelta.

Laadunhallinta on toinen näkökanta, joka kannattaa muistaa kun miettii onko tuotteen seurannalla arvoa sitä tuottavalle yritykselle. Tuotteen tietoja voidaan seurata myöhemmin, mikäli tuotannossa pitää jäljittää mahdollisia ongelmia. Seurannalla ja laadunhallinnalla varmistetaan tehokkaampi reagointi virheisiin, kun juurisyy paikallistetaan välittömästi.

Rengas on pyöreä ja voi saapua tarkastuspisteelle missä tahansa orientaatiossa. Viivakoodi on pystyttävä lukemaan jokaisesta mahdollisesta kulmasta. Tätä varten tarkastuspisteeseen on kiinnitetty monta viivakoodinlukijaa, jotka ovat jokainen eri kulmassa. Täten mahdollistetaan koko lukualueen kattava näkymä. Nykyisin on myös mahdollista käyttää kamerapohjaisia viivakoodinlukijoita (Anttonen J.).

3.2.2 Leimalaitteet

Rengas on leimattava ennen kuin se lähetetään asiakkaalle. Tämä vaihe sisältää leimauslaitteen, joka tulostaa tarralle renkaan tiedot. Nämä sisältävät renkaan tyyppitiedot. Valmistusaika on luettavissa renkaan sivusta viikon tarkkuudella (Anttonen J.). Kuvassa 13 näkyvä leimalaite on sijoitettu heti pinonpurkajan perään, jolloin erotellut renkaat leimataan niiden erottelun jälkeen.



Kuva 13 Leimalaite toimintaympäristössään.

Leimalaite tunnistaa renkaan olevan sen toiminta-alueella. Tässä vaiheessa kuljetin pysähtyy siten, että rengas on sijoittunut leimalapun painavan sylinterin eteen. Kuvassa 13 näkyvässä leimalaitteessa on nähtävissä osio, johon tarrarulla on asetettu. Tästä rullasta on vedetty vedonpoistajien kautta leimalappuja sisältävää nauhaa leimasimen tulostus-alueelle. Tällä alueella leimalappuun printataan renkaan tarvitsemat tiedot. Kun printtaus on valmis, painetaan syntynyt leima rengasta vasten pneumaattisesti. Tämän jälkeen leimalapun saanut rengas jatkaa eteenpäin linjalla.

Leimojen lisääminen myytävään tuotteeseen on tärkeää kaupankäynnin osalta. Niiden avulla asiakas kykenee tarkastamaan tuotteen tiedot, kun ne saapuvat asiakasyritykseen. Mikäli tuotteessa on jotain vikaa, siitä pitää tehdä reklamaatio. Tällöin asiakas ottaa yhteyttä tuotteen valmistajaan ja antaa tiedot, jotka on valmistuksessa liitetty tuotteeseen leimaamalla ne leimalappuun. Renkaat valmistanut yritys kykenee jäljittämään tuotteen tarkat tiedot yrityksen sisällä ja tekemään johtopäätöksiä virheen mahdollisesta juurisyystä. Lisäksi leimat ovat tarpeellisia mahdollisten välivarastojen takia. On tärkeää, että noutohetkellä varastosta valitaan oikeat tuotteet.

3.2.3 Spotting-laite

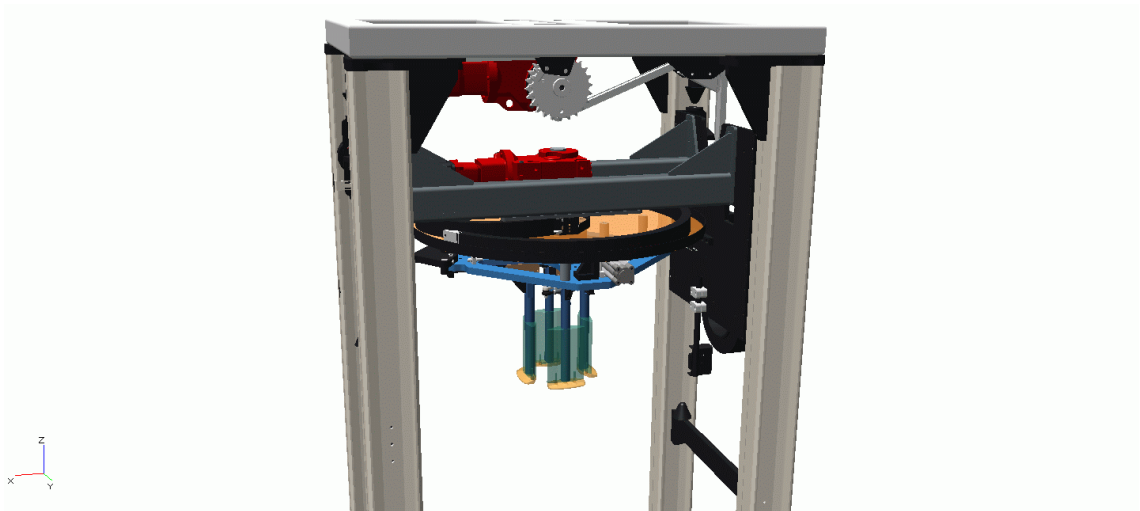
Rengasteollisuudessa toisilla yrityksillä voi olla tarve tietää renkaan orientaatio tietyissä tilanteissa. Haastatteluissa ilmeni, että kuljetinlinjalla aihion orientaatio on tärkeää sen siirtyessä koneeseen, jossa siitä muokataan valmis rengas. Toiset rengasvalmistajat voivat olla välinpitämättömiä rengasaihioidensa asennosta tässä työvaiheessa. Tarpeeseen on pystyttävä vastaamaan, mikäli se silti on toisille tärkeää tietoa laadunhallinnan takia. Tätä varten yritys on valmistanut niin kutsuttuja spottauslaitteita (eng. spotting, huomiointi), jotka tarkastavat renkaan orientaation ja asettavat sen haluttuun asentoon. Kuva 14 esittää kyseistä tarkastajaa kokonaisuudessaan.



Kuva 14 Yleiskuva spottaus-laitteesta.

Runko asetetaan siten, että rengaskuljetin tuo renkaan aihion tarkastajan alle. Tarkastajan suorittamat liikkeet on mahdollistettu kahdella servomootorilla. Nämä servomootorit ovat esitetty punaisella värillä kuvissa 14 ja 15. Niistä ylempi suorittaa tarkastajan raamin nosto- ja laskuliikkeet ketjuvälityksellä. Alempi pyörittää tarkastuskokoonpanoa. Renkasiin tarttuminen on suoritettu pneumatiikalla.

Tarkastajan raami lasketaan aihion ylle, kun se on saapunut tarkastuspisteelle. Raamin tarkastuosa alkaa kiertämään akselinsa ympäri, etsien renkaan aihioon asetettua viivakoodia. Luku tapahtuu tarkastajaan kiinnitetyllä viivakoodinlukijalla. Kun lukija havaitsee viivakoodin, tarkastaja tarttuu aihioon.



Kuva 15 Spottauksen toiminnallinen osio.

Tarttuminen tapahtuu kuvassa 15 nähtävillä tangoilla, jotka sijoittuvat aihion sisälle laskun aikana. Aihion muodon ja tankojen päiden taitosten takia tarttumisessa ei tarvita puristusta. Tarkastaja nostaa rengasaihion ilmaan ja kääntää sen oikeaan asentoon. Renkas lasketaan tämän jälkeen takaisin alustalleen, jolloin se on oikeassa orientaatioissa.

Orientaatio on oikea, koska raami on kiertänyt referenssiasennostaan tietyn kulman siihen pisteeseen, jossa viivakoodi löytyi. Kun tarttuminen on suoritettu onnistuneesti. Laite kiertää nostoraamin takaisin referenssipisteeseensä. Tästä syystä viivakoodi tulee aina asettamaan samaan pisteeseen, jolloin renkaan asento on oikea.

3.3 Tiedon välitys

Automaatiojärjestelmät vaativat toimiakseen signaalien lähettämistä ja vastaanottamista. Järjestelmässä toimivien laitteiden tulee olla yhteydessä toisiinsa tämän mahdollistamiseksi. Pinonpurkaja on yhteydessä muun muassa kuljettimiin, sähkökaappiin ja ylemmän tason ohjaukseen. Tämä kappale pyrkii esittelemään tiedon välittämiseen käytettyjä verkkotekniikoita. Niiden käyttötarkoitukset laitteessa esitellään myöhemmin. Kappale alkaa esittelemällä OSI-mallin, jonka jälkeen esitellään pinonpurkajassa käytettyjä tiedonvälitysprotokollia.

3.3.1 OSI-Malli

Kaikkien laitteiden on noudatettava samaa standardia, jotta ne voisivat toimia yhdessä. International Organization for Standardization, ISO, on kehittänyt OSI-mallin (eng. Open System Interconnection) vuonna 1978. Kyseinen malli kuvaa miten laitteiden ja ohjelmistojen rajapinnat tulee toteuttaa siten, että ne toimivat ongelmitta keskenään.

Malli jakaa verkkotoiminnot seitsemään kerrokseen. Alemman tason kerrokset kattavat standardit, jotka koskevat datan siirtoa verkossa. Korkeammat tasot taas käsittelevät tiedonsiirron luotettavuutta ja datan esitysmuotoja. (Spurgeon 2001, s. 33) OSI-mallin seitsemän kerrosta ovat alimmasta ylöspäin lueteltuina:

1. **Fyysinen kerros.** Standardisoi laitteeseen liittymisen ja tiedonsiirron mekaaniset, sähköiset ja toiminnalliset osat. Fyysisellä kerroksella tietoa voidaan siirtää joko sarja- tai rinnakkaismuotoisella tavalla. Sarjamuotoisessa tavassa bitit siirretään yksi kerrallaan järjestyksessä samaa johdinta pitkin. Rinnakkaisessa lähetysessä kaikki merkin bitit lähetetään samaan aikaan omia johtimiaan pitkin.
2. **Yhteyserros.** Määrittelee yhteyden kahden laitteen välille, korjaa virheet ja purkaa yhteyden. Yhteyserros lähettää ja vastaanottaa paketteja, jotka se jakaa kehyksiin (eng. frame). Sen toimintoihin kuuluu myös muun muassa osoitteiden tunnistaminen ja varmistus, ettei tietoa lähetetä suurempaa määrää, kuin vastaanottaja pystyy sitä käsittelemään.
3. **Verkkokerros.** Määrittelee yhteyden laitteille, jotka ovat yhteydessä eri verkoissa useiden datalinkkien päässä toisistaan. Tarjoaa siten verkon rakenteesta ja kahdesta alemmasta kerroksesta riippumattoman tiedonsiirron. Verkkokerros määrittää viestien reitit monihaarisessa tietokoneverkossa.
4. **Kuljetuserros.** Takaa luotettavan päästä päähän -yhteyden tietokoneverkossa. Tämä kerros tarjoaa toipumismenettelyt, mikäli verkossa tapahtuu katkos. Tällöin kuljetuserros huolehtii vaihtoehtoisen reitin käytöstä.
5. **Istuntokerros.** Pitää huolen tiedon salaamisesta. Pyrkii luomaan luotettavia yhteyksiä keskenään toimivien sovellusten välillä. Tämä kerros varmistaa myös, ettei tiedonsiirrossa tapahdu virheitä fyysisten ongelmien takia. Tämä on ensimmäinen kerros, joka toimii sovellustasolla.
6. **Esitystapakerros.** Tarjoaa menetelmät, joilla data esitetään oikein sovelluksissa. Muuttaa tiedon esitysmuodon oikeaksi jo sen siirtämisen yhteydessä. Data on silloin lähetettäessä muotoa, jonka vastaanottaja ymmärtää.
7. **Sovelluserros.** Toimii linkkinä tiedonsiirtoa tarvitsevaan ohjelmaan. Tarjoaa menetelmät käyttäjäsovellusten, kuten sähköpostin tukemiseen.

Edellä esitetty lista mukailee Spurgeonia (s.33-35) ja Ala-Mutka et al:ia. Kuvatut seitsemän kerrosta toimivat keskenään siten, että ylemmät kerrokset käyttävät hyväksi alempien kerrosten palveluita (Kirsti Ala-Mutka et al. 1996-2002).

3.3.2 Ethernet

Ethernet on Bob Metcalfen ja hänen työtovereidensa vuonna 1972 kehittämä verkkojärjestelmä. Heidän alkuperäinen tarkoituksensa oli yhdistää työpaikkansa kaikki toimipisteet yhteiseen verkkoon. Ensimmäisen verkon nimi oli Alto Aloha Network. Metcalfe halusi kuitenkin nimetä järjestelmän uudestaan. Eetterin (eng. ether) luultiin aikoinaan johtavan sähkömagneettisia aaltoja avaruuden halki. Ethernetin tapauksessa kaikki bitit päätyvät kaikille asemille kaapelin välityksellä. Yksi sen ominaisuuksista on kuunteleminen. Ethernetissä laitteet kuuntelevat verkossa tapahtuvaa toimintaa, ennen kuin lähettävät omia viestejään (eng. carrier sense). Ethernet tukee usean laitteen pääsyä samaan jaettuun jakelukanavaan (eng. multiple access). Lisäksi Metcalfe kehitti menetelmän, joka estää viestien ”törmäyksen” verkossa (eng. collision detection). Kun nämä kolme ominaisuutta summataan yhteen, muodostuu tulokseksi Ethernetin käyttämä menetelmä: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD). (Spurgeon 2001, s.27)

Ethernet toimii joko half-duplex- tai full-duplex-tiloissa. Half-duplex-tilassa ainoastaan yksi laite voi lähettää kerrallaan dataa Ethernet-kanavassa. Tätä varten half-duplex-tilassa tietokoneet ja laitteet käyttävät hyväkseen CSMA/CD-protokollaa. Tämä oli tyyppillisin tekniikka Ethernet-verkoissa ennen kytkinten saapumista markkinoille. (Spurgeon 2001, s. 47) Kytkeämiin voidaan liittää useita Ethernet-segmenttejä ja niillä voidaan siten rakentaa suurempia Ethernet-verkkoja. Ne yhdistävät eri nopeuksilla toimivat segmentit yhteen ja ohjaavat niiden liikennettä. (Spurgeon 2001, s. 349) Kytkinten käyttö mahdollisti tietokoneiden kytkemisen omaan kytkinporttiin, jolloin ne eivät jaa jakelukanavaa muiden koneiden kanssa. Jakelukanava on yksityisessä käytössä, jolloin siinä ei tarvita CSMA/CD-protokollan käyttöä. Tällöin järjestelmä on full-duplex-toimintatilassa, jossa CSMA/CD-protokolla on otettu pois käytöstä. (Spurgeon 2001, s. 47) Seuraavaksi esitellään Ethernetin neljä peruselementtiä Spurgeonin 2001 mukaan.

Ethernetin ytimenä toimii kehys. Verkkolaitteet, kuten Ethernet-liitännät ja kaapelit ovat olemassa vain siirtääkseen kehyksiä laitteiden välillä. Kehys koostuu tietyille biteille varatuista lohkoista ja muodostaa siten Ethernet-signaalin muodon. Tämä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Ethernet-kehysten rakenne. (Spurgeon 2001, s. 49)

Bittien määrä (kpl)	64	48	48	16	46-1500	32
Tarkoitus	Alkumerkki	Kohdeosoite	Lähdeosoite	Tyyppi/Pituus	Data	Kehyksen tarkastus

Kehyksen alussa on 64 bittiä pitkä alkumerkki-kenttä. Kun laite lähettää kehyksen, muut verkossa olevat laitteet havaitsevat lähetyksen alkamisen alkumerkistä. Ne kykenevät siten valmistautumaan datan vastaanottamiseen. Huomiona, että uudemmat Ethernetit käyttävät jatkuvaa signaalointia, jolloin alkumerkki on tarpeeton. Se on kuitenkin kehyksessä edelleen mukana, jotta protokoliin ei tarvitsisi tehdä muutoksia. Seuraavat kentät ovat kohde- ja lähdeosoitteet. Nämä, 48 bittiä pitkät kentät, määrittävät mikä laite lähettää tietoa millekin laitteelle. Osoitteiden ensimmäiset 24 bittiä koostuvat IEEE Standards Associationin laitevalmistajalle laatimasta bittijonosta. Tämä on laitevalmistajan yksityisessä käytössä oleva alkuosa laitteen verkko-osoitteelle. Seuraavat 24 bittiä laitevalmistaja määrittää itse siten, että jokainen sen valmistava laite ja liitäntä omaavat ainutlaatuisen osoitteen. Näiden osoitekenttien jälkeen kehyksessä ilmenee tyyppi- tai pituuskenttä. Useimmissa tapauksissa tätä kenttää käytetään ilmentämään, millainen verkkoprotokolla datakenttään sisältyy. Tyyppikentän 16 bittiä pitkää luku- aluetta voidaan käyttää kuvaamaan myös datakentän pituutta. Kyseinen kenttä onkin kehyksessä seuraavana vuorossa. (Spurgeon 2001, s. 48-50)

Datakentän pituus on 46 -1500 bittiä. Minimimäärä 46 on pakollinen, jotta signaali vii- pyy verkossa tarpeeksi kauan. Tällä pyritään takaamaan, että jokainen asema verkossa ehtii tunnistamaan kehyksen. Mikäli datakentän pituus on alle minimirajan, sitä täyte- tään lisädatalla. Viimeisenä kenttänä kehyksessä on tarkastusosio. Tämän kentän sisältö koostuu muiden kenttien biteistä muodostetusta polynomiluvusta. Kyseisen luvun muo- dostamiseen on luotu oma polynomilauseke. Koska muodostettu tarkastusluku on tulos kehyksen muista biteistä, se on jokaiselle kehykselle yksilöllinen. Luku luodaan viestin lähetyksen yhteydessä ja lähetetään kehyksen mukana vastaanottajalle. Saatuaan viestin, vastaanottaja laskee samalla polynomilausekkeella kehyksen biteistä tarkastusluvun. vastaanottaja vertaa sitä vastaanottamansa viestin sisältämään lukuun. Tällä menettelyl- lä varmistetaan viestin muutoksen tunnistaminen. Lähetyksessä on tapahtunut virhe, jos tarkastusluku ei täsmää. (Spurgeon 2001, s. 48-50)

Jokainen Ethernet-liitäntä toimii MAC-protokollan mukaisten sääntöjen mukaan (eng. Media Access Control). Tämä protokolla sisältää samat toiminnot kuin alkuperäinen CSMA/CD-protokolla. Nämä säännöt mahdollistavat jaetun Ethernet-kanavan käytön usean laitteen kesken. MAC-protokollaa tarvitaan kun käytetään half-duplex-tilaa. Et- hernet käyttää hyväksi menetelmää, jossa kaikki laitteet kuulevat kaikki lähetetyt viestit. Tämä tapahtuu siten, että kaikki laitteet aistivat lähetetyn kehyksen alkumerkin ja luke- vat sen jälkeen viestistä kohdeosoitteen. Tämän jälkeen laitteet vertaavat osoitetta omaansa. Mikäli laitteen osoite on sama kuin kohdeosoite, lukee laite viestin loputkin bitit. Muut laitteet, joiden osoite ei täsmää lähetetyn kehyksen kohdeosoitetta, lopettavat viestin käsittelyn kohdeosoitteeseen. MAC-protokollaa käyttävät laitteet ovat kaikki tasavertaisia kun ne yrittävät lähettää viestiään verkkoon. Täten yhden laitteen lähettä- essä viestiä, muut odottavat uutta tilaisuutta. Vuorotusta ei ole. Toinen laite voi aloittaa viestinsä lähettämisen vasta kun edellinen laite on valmis. Mikäli kuitenkin tapahtuu

tilanne, jossa kaksi laitetta aloittavat lähetyksen samaan aikaan, tapahtuu ”törmäys”. Lähetyksen tehneet laitteet saavat siitä ilmoituksen, ja yrittävät lähettää oman viestinsä uudelleen satunnaisen ajan kuluttua. Törmäykset ovat Ethernet-verkoissa tavallisia, eivätkä johda datan katoamiseen. Niistä ei siten tarvitse huolehtia. Lyhyesti MAC-protokolla tarjoaa verkossa oleville laitteille tasapuoliset mahdollisuudet käyttää verkkoa. (Spurgeon 2001, s. 50-54)

Ethernetissä olevat laitteet jaetaan kahteen pääryhmään: signalointi- ja välinekomponentteihin. Signaloitikonponentit lähettävät ja vastaanottavat signaaleja fyysisessä välineessä. Näihin komponentteihin kuuluvat Spurgeonin mukaan laitteen liitäntä, lähetin-vastaanotin ja sen käyttämä kaapeli. Laitteen Ethernet-liitäntä sisältää tarvittavan elektroniikan datan lähettämiseen, vastaanottamiseen ja sen käsittelemiseen. Mikäli laitteessa ei ole Ethernet-liitäntää, sen asema voidaan liittää ulkoiseen lähetin-vastaanottimeen. Tämä laite sisältää teknologian vastaanottamaan ja lähettämään signaaleja eri kaapeleista. (Spurgeon 2001, s.54-55) Signaloitikonponenttien voidaan kuvata koostuvan dataa lähettävistä ja vastaanottavista standardoiduista sähkökomponenteista (Spurgeon 2001, s.48). Välinekomponentit ovat laitteita, joilla data siirretään verkossa. Nämä välineet ovat kaapeloinnissa käytettyjä komponentteja ja toistimia. Toistimiin voidaan liittää useampi segmentti. Saadessaan signaalin, ne toistavat sen kaikille segmenteille. (Spurgeon 2001, s.56)

Edellä on esitelty ethernetin neljä peruselementtiä. Ne ovat tiivistetysti kehys, MAC-protokolla, signaloitikonponentit ja fyysiset välineet. Ethernet toimii OSI-mallin kahdella alimmalla tasolla, jotka ovat yhteys- ja verkkokerros. Ethernetille on määritelty myös sovelluskerroksella toimiva protokolla, jota kutsutaan Ethernet/IP:ksi. IP-pääte tulee sanoista Industrial Protocol ja tämä protokolla onkin suunniteltu teollisuuden käyttöön. OSI-mallin mukaisesti ylemmän tason protokolla käyttää hyväkseen alempien tasojen tarjoamia palveluita. Ethernet/IP tarvitsee siis Ethernetin yhteys- ja verkkokerrosta toimiakseen. (Bouchard 2014 ; ODVA, inc 2015)

3.3.3 Profibus

Process fieldbus on verkkostandardi, jota käytetään prosessien ohjauksessa ja suurikokoisissa koneissa. Se on lähes universaali euroopassa ja hyvin käytetty myös muualla maailmassa. Profibussin kehittäminen aloitettiin vuonna 1989. Kehityshankkeeseen osallistui BMFT (ger. Bundes Ministerium für Forschung und Technologie), sekä useita automaatiojärjestelmien valmistajia. Profibus-järjestelmässä esiintyy kahden arvoisia laitteita. Ne ovat joko ohjaimia tai kenttälaitteita. Ohjaimilla (eng. master) on pääsy bussiväylään ja ne voivat lähettää dataa vapaasti. kenttälaitte (eng. slave) on yleisesti joko anturi tai toimilaite. Nämä laitteet voivat itsenäisesti vain tunnistaa vastaanotettuja viestejä. Lähettämiseen ne tarvitsevat ohjaimelta pyynnön. Vain pyynnön saadessaan ne voivat lähettää viestin kyseiselle ohjaimelle. (Reynders et al. 2004, s. 303-304 ; Meicheng C. et al. 2005 s. 412)

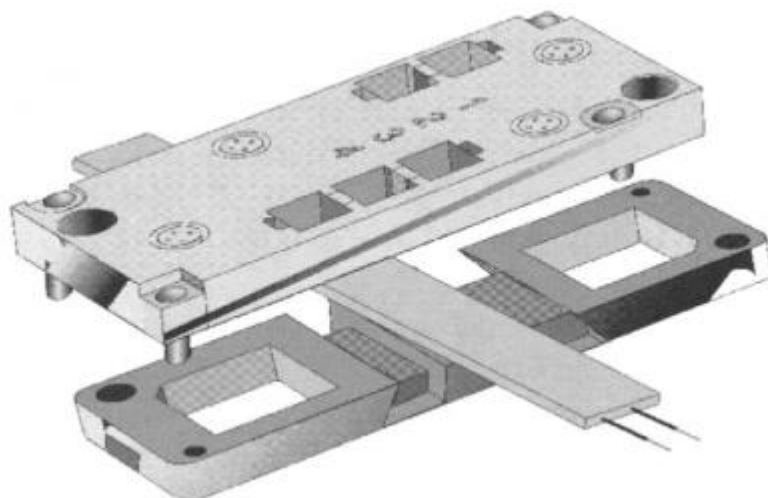
Fyysisesti profibusväylän komponentit kytketään toisiinsa kierretyllä parikaapelilla tai valokuitukaapelilla. Jokaisen kenttälaitte voidaan myös jakaa kahteen komponenttiin, jotka mahdollistavat sekä profibus protokollan mukaisten viestien että oheislaitteiden signaalien välityksen. (Meicheng C. et al. 2005 s. 412-413)

3.3.4 AS-I-kenttäväylä

Automaatiojärjestelmät vaativat toimiakseen laitteita, jotka keräävät tietoa toiminta-alueestaan. Lisäksi ne vaativat laitteita, jotka toimivat kun jotkin ehdot toteutuvat. Näitä laitteita kutsutaan antureiksi ja toimilaitteiksi (eng. Sensor ja actuator). Näiden laitteiden välillä on oltava kanava tiedon välitykselle. Tätä varten on luotu AS-I-väylä. Sen nimi on lyhennetty nimestä Actuator Sensor Interface. Tämän väylän ovat yhteistyössä kehittäneet 11 valmistajaa. Heihin kuuluvat muun muassa Allen-Bradley, Siemens ja Omron. (Reynders et al. 2004, s. 271)

Yksinkertaisten anturien ja toimilaitteiden kommunikointi tapahtuu biteillä. AS-I-väylä on yhteyskerros, joka yhdistää nämä laitteet mikroprosessoreihin. Se on suunniteltu binaarisignaaleja lähettäviä laitteita varten. Tarkoituksena on ollut nostaa viestien tehokkuutta ja helpottaa järjestelmän luomista. (Reynders et al. 2004, s. 271)

ASI-väylä koostuu yhdestä ohjaimesta, joka valvoo väylään liitettyjen kenttämoduulien toimintaa. Näihin laitteisiin liitetään automaatiojärjestelmän anturit ja toimilaitteet. Tiedon välitykseen käytetään kiertämätöntä parikaapelia. Yhteyden muodostuksen lisäksi kaapeli yhdistää kenttälaitteen sen ohjaimen virtalähteeseen. Jokainen alemman tason toimilaite saa kuitenkin käyttää enimmillään vain 65 milliampeeria virtaa. Kyseisen rajan ylittyessä on käytettävä ulkoista virtalähdettä. Kiertämättömään parikaapeliin on helppoa lisätä kenttämoduuleita. Laitteiden suunnittelu mahdollistaa moduulin lisäämisen verkkoon jopa ilman työkaluja. (Reynders et al 2004, s. 272-273)



Kuva 16 AS-I -väylään liitettävän kenttämoduulin rakenne.

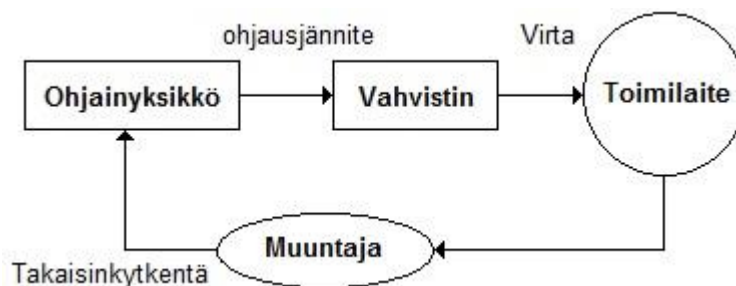
Kuvassa 16 on esitetty kenttämoduulin liittäminen kaapeliin. Laite koostuu etu- ja takapaneelist, jotka kiinnitetään toisiinsa kaapelin ympärille. Kuoren sulkeutuessa kiinni kaapeliin, moduulin sisältämät kontaktipinnat lävistävät kaapelin kuoren ja yhdistävät laitteen suoraan verkkoon. (Reynders et al. 2004, s. 273-274)

Väylän toiminta perustuu ohjaimen kutsusignaaliin ja kenttälaitteen vastaukseen. Ohjain lähettää kehyksessään 14 bittiä, kun taas kenttälaitteen vastaus koostuu 7 bitistä. Järjestelmässä on pieni viive jokaisen viestin välissä järjestelmän synkronoimiseksi. Jokainen verkon osoite on järjestelmän muistissa. Mikäli kenttämoduulissa ilmenee vika, ohjausyksikkö kykenee määrittämään sen osoitteen uudelleen, tai korjaamaan moduulissa tapahtuneen häiriön ohjelmoimalla sen uudelleen. Tämä mahdollistaa nopeat palautumisajat häiriöistä. AS-I-väylä on alun perin suunniteltu alemman tason toimilaitteiden yhdistämiseen. Se on silti nykyisin mahdollista liittää tietokoneisiin ja PLC-järjestelmiin näitä varten suunnitelluilla liitäntäkorteilla. (Reynders et al 2004, s. 274)

3.4 Servomoottorit

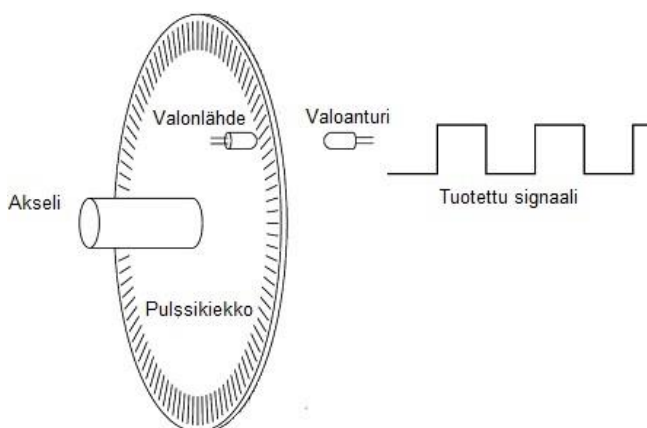
Työn tarkastelema oheislaitte suorittaa toimintoja, jotka erottelevat rengaspinot yksittäisiksi renkaiksi. Suurimmassa osassa näiden toimintojen liikkeiden suorituksessa ovat servomoottorit. Nämä laitteet pystyvät tarkkoihin liikkeisiin suurillakin nopeuksilla ja pitävät yllä paikkatietoaan. Ne eivät siksi ole yksinkertaisia moottoreita, vaan sisältävät muitakin komponentteja. Tämä työ esittelee servomoottorit lyhyesti, koska tutkimuksen käsittelemässä oheislaitteessa on käytetty tätä teknologiaa.

Servojen toimintaperiaate perustuu tiedon takaisinkytkentään. Ohjaus ”tahtoo” siirtää toimilaitetta sijaintiin A. Toimilaite ”tietää” oman sijaintinsa ja lähettää sen takaisinkytkennässä sijaintina B. Tämän jälkeen ohjaus laskee erotuksen halutun sijainnin ja nykyisen sijainnin välillä. Tämä on niin sanottu negatiivinen takaisinkytkentä. Lopputuloksen perusteella ohjaus tekee johtopäätöksen mihin suuntaan siirtymisen tulee tapahtua, jolloin se lähettää toimilaitteelle komennon siirtyä. Koko siirtymisen ajan toimilaite lähettää signaalia sijainnistaan. Ohjaus vertaa sitä sijaintiin, johon se tahtoo toimilaitteen pysähtyvän. Kun erotus $A-B$ on 0, on toimilaite halutussa sijainnissa. Tämän jälkeen se ei enää liiku. (Younkin 2002, s. 1-9) Lyhyesti servon toiminta perustuu toimilaitteen sijainnin jatkuvaan takaisinkytkentätietoon. Kun toimilaitetta tahdotaan liikuttaa, tarvittavaa liikettä tehdään kunnes ohjauksen ja sijainnin arvojen erotus on 0.



Kuva 17 Servojärjestelmien toiminta. (Mukailtu Younkin 2002, s.8-9 ja National instruments 2014)

Servot koostuvat neljästä laitteesta. Nämä ovat ohjainyksikkö, vahvistin, muuntaja ja toimilaite. Nämä laitteet on esitetty kuvassa 17. Ohjausyksikkö suorittaa ohjelmaa, joka sisältää komennot ja sijainnit toimilaitteen toimimiseksi. Se lähettää ohjausjännitteen vahvistimelle. Tässä toimilaitteessa ohjauksen antama signaali vahvistetaan lähetettäväksi toimilaitteelle, eli servomoottorille. Toimilaitteeseen on kiinnitetty muuntaja, joka muuntaa esimerkiksi servomoottorin aseman ohjauksen ymmärtämään muotoon. Se on toimilaite, joka mahdollistaa takaisinkytkennän. Se pitää yllä servomoottorin paikkatietoa ja mahdollistaa siten aiemmin esitetyn ohjauksen sijainnin laskennan. Tätä varten muuntajan on kyettävä keräämään tietoa siirtymästä ja muuntamaan se signaaleiksi, jotka lähetetään ohjausyksikölle. Siirtymän ja kiertymiskulman mittaukseen voidaan käyttää hyväksi antureita, jotka ovat joko inkrementaali- tai absoluuttiantureita. Absoluuttianturi tunnistaa referenssiasemansa. Inkrementaalianturi sen sijaan ei tunnista kohtiasemansa ilman laskuria, logiikkaa tai tietokonetta. Se laskee sijaintinsa aina edellisestä pisteestä eteenpäin. (Keinänen 2009, s.200-201 ; Airila 2004) Kuvassa 18 on esitetty periaatekuva pulssianturista.



Kuva 18 Muuntajan toiminta. (Rotary encoder 2010, muokattu.)

Kuvan 18 tyyppisessä anturissa akseliin on liitetty pulssikiekko, joka pyörii akselin mukana. Kiekosta luetaan sen orientaatio. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi kuvan 18 mukaisella optisella anturilla. Tällöin kiekkoon on tehty reikiä, jotka kiekon jatkuvasti pyöriessä ohittavat valoanturin näkökentän tuottaen vaihtelevaa signaalia. Kiekon sisäl-

tämien reikien lukumäärä määrittää kuinka tarkkaan siitä pystytään lukemaan liikuttu kulma. Pulssianturin lukemaa kulmaa voidaan käyttää laskennallisesti määrittämään suoraviivainsta liikettä. Kiertymän lukevia pulssiantureita voidaan käyttää myös hyväksi nopeuden mittauksessa. Anturin tuottaman pulssin taajuus on suoraan verrannollinen kiekon pyörimisnopeuden kanssa. Kiertymää mittaavien anturien lisäksi on myös lineaariantureita. Näissä laitteissa signaalin tuottama anturi kulkee akselin suuntaisesti. Toimintaperiaate ja sijainnin määrittämisen tarkkuuden tekijät ovat samat kuin rotaation mittaamisessa. (Keinänen 2009, s.201 ; Eitel 2014 ; Fonselius 1998, s. 126)

Servot mahdollistavat Younkinin mukaan kuusi etua systeemissä. Nämä ovat:

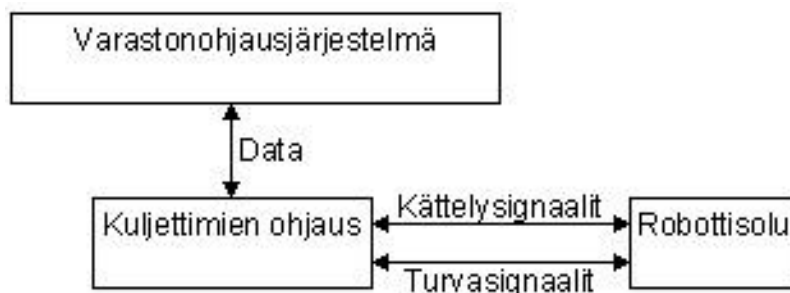
1. **Lyhyempi paikoitus aika.** Servot toimivat maksiminopeudella kunnes saapuvat lähelle haluttua sijaintia. Tällöin ne hidastavat nopeuttaan.
2. **Tarkkuus.** Jatkuvan tiedon takaisinkytkennän takia servot hakeutuvat jatkuvasti kohti haluttua pistettä. Mikäli toimilaite ajaa yli halutun pisteen, ohjainyksikkö laskee virheen toiseen suuntaan, jolloin toimilaite palaa takaisin hakeutuen kohti oikeaa pistettä.
3. **Luotettavuus.** Servojärjestelmissä pystytään ohjaamaan toimilaitteen kiihtyvyyksiä. Täten liikkeitä voidaan toteuttaa rasittamatta toimilaitetta enemmän kuin sen toleranssi antaa periksi.
4. **Toistettavuus.** toistuvat liikkeet ovat yhdenmukaisia muuntajan pitäessä paikkatietoa yllä.
5. **Koordinaatio.** Servojärjestelmillä on mahdollista suunnitella useamman akselin sisältäviä koneita.
6. **Servolukitus.** Servojen jatkuvan ohjauksen takia servo on mahdollista lukita paikalleen. Mikäli ulkoinen voima pyrkii siirtämään servoa, pyrkii se takaisin kohti oikeaa pistettä. Näin se vastustaa ulkoista voimaa.

Lyhyesti Younkinin esittämien etujen mukaan servojärjestelmillä on mahdollista saavuttaa nopea systeemi uhraamatta tarkkuutta. Käyttäjän taitojen mukaisesti voidaan rakentaa useamman akselin omaavia koneita. Tämä mahdollistaa monimutkaisempien toimenpiteiden suorittamisen. Laitteet toimivat pitkään oikein, koska niillä on hyvä toistettavuus. Lisäksi niiden rasituksiin pystytään vaikuttamaan, mikä lisää niiden elinikää. Ulkoisia lukituksia ei myöskään tarvita, koska laite pystytään lukitsemaan paikalleen itsenäisesti.

3.5 Ohjaus

Järjestelmän ohjaukseen käytetään Cimcorpin omaa varastonohjausjärjestelmää (WCS). Tämä järjestelmä vastaa siirrettävien yksiköiden reittien suunnittelusta ja siirto-operaatioissa. WCS on järjestelmän yllä toimiva ohjelma, joka vastaa kuljettimien ohjauksesta. Sen tehtäviin kuuluu myös tilausten käsittely ja siirrettävien yksiköiden rekisteröinti. Kuvassa 19 nämä on esitetty datan vaihtona varastonohjausjärjestelmän ja kuljettimien ohjauksen välillä. WCS seuraa kuljettimilla liikkuvien renkaiden sijaintia. Se määrittää niiden reitit, kun siirto kuljetinjärjestelmässä alkaa. Kuvasta 19 on nähtävissä, että kuljettimien ohjaus keskustelee robottisolujen kanssa. Tiedon vaihtoa tapahtuu robottisolun ja kuljettimien välillä esimerkiksi silloin, kun kuljettimella on tuotteita robottisolun sisäänsyötössä. Toinen tapaus on robottisolun jättöposition päädyssä, jolloin kuljetin ilmoittaa robotin ohjaukselle, että se on valmis vastaanottamaan tuotteita. (D251020)

WCS ei puutu Cimcorpin robottisolujen liikkeisiin tai toimiin. Se on yhteydessä robottisoluun vain kertoakseen mitä tuotteita sille saapuu ja mitä tuotteita sen tulee luovuttaa ulostulonsa kuljettimille. Robottisolu ohjaa itse omat liikkeensä ja pitää kirjaa mitä tuotteita sen alueella sijaitsee missäkin pisteessä. (Latva M.)



Kuva 19 Tyypillinen järjestelmän rakenne. (Muokattu spesifikaatiosta D251020)

Kuvassa 19 esitettyjä kättelysignaaleita käytetään, kun siirrettäviä yksiköitä siirretään kuljetinjärjestelmän ja robottisolun välillä. Ne toimivat laitteiden välisinä ilmoituksina niiden läsnäolosta ja toiminnassa. Kättelysignaali alkaa, kun ensimmäisen laite lähettää signaalia toiselle. Kun vastaanottava laite tunnistaa signaalin, se toistaa viestin takaisin kaikuna. Alkuperäinen kättelysignaalin lähettäjä lopettaa signaalin lähettämisen vastaanottaessaan kaiutetun signaalin. Nyt erilliset laitteet ovat varmistaneet toistensa läsnäolon, joten tiedonvaihto jatkuu tuotteiden siirron mukaan. (D251020)

Turvallisuussignaaleita tarvitaan hätä- ja turvapysäytyssignaalien välittämiseen järjestelmältä toiselle. Turvallisuussignaalit sammuttavat turva-alueen laitteet hätätilanteissa ja estävät niitä käynnistymästä. Turvakytkimillä pyritään estämään laitteen välitön käynnistyminen kun niiden kanssa toimitaan esimerkiksi huoltotoimenpiteiden aikana. Hätä-seis-painikkeita käytetään nimensä mukaisesti vaaratilanteen tapahtuessa. Ne lu-

kittuvat painettaessa On-asentoon. Lukituksen avaamiseksi on erilaisia tapoja. Tällaisia ovat esimerkiksi painikkeen kiertäminen tai sen vetäminen. Lisäksi lukituksen avaamiseen voidaan tarvita myös avainta. Kummallakin kuvan 20 esittämällä turvalaitteella voidaan estää virran kulku toimilaitteeseen.



Kuva 20 *Scheider Electric:n varmennettu hätä-seis kotelo ja Katkon turvakytin. (Hätä-seis kotelo 2015 ; Turvakytin 2015)*

Kuvasta 20 on nähtävissä miltä hätä-seis-painikkeet ja turvakytimet yleisesti näyttävät. Molemmat laitteet on IP-luokiteltu (eng. Ingress Protection). IP-luokitus määrittää laitteen tiiviiden ja keston ulkoisia uhkia vastaan. Luokituksen ensimmäinen luku kertoo keston kiinteitä kappaleita vastaan. Pienempi luku tarkoittaa suurempaa fyysistä kokoa. Toinen luku määrittää tiiviiden vettä vastaan. Turvalaitteille toiminnan ehdoton varmuus on tärkeää. Kuvan 20 hätä-seis-kotelo on luokiteltu IP65-luokkaan ja turvakytin IP66-luokkaan. Täten ne molemmat ovat pölytiivitä ja kumpikin kestää vesisuihkun joka suunnasta. Lisäksi on määritetty lisämerkkejä, jotka tarjoavat ylimääräistä tietoa. IP-luokitus on esitetty tarkemmin liitteessä 2. (Ledtek ; Harsia 2005)

Turvalaitteita on löydettävä jokaisesta laitteesta ainakin yksi. Tämä tarve voidaan siivuttaa, mikäli komponentti ei vähennä riskiä. Tällainen tilanne voi olla silloin, kun toimilaite on sijoitettu alueelle jota ympäröi aita. Laitteen toimialueelle ei tuolloin ole pääsyä kuin oven kautta, jossa itsessään on hätäpysäytys, joka katkaisee virran laitteeseen. (konedirektiivi, kpl 1.2.4.3)

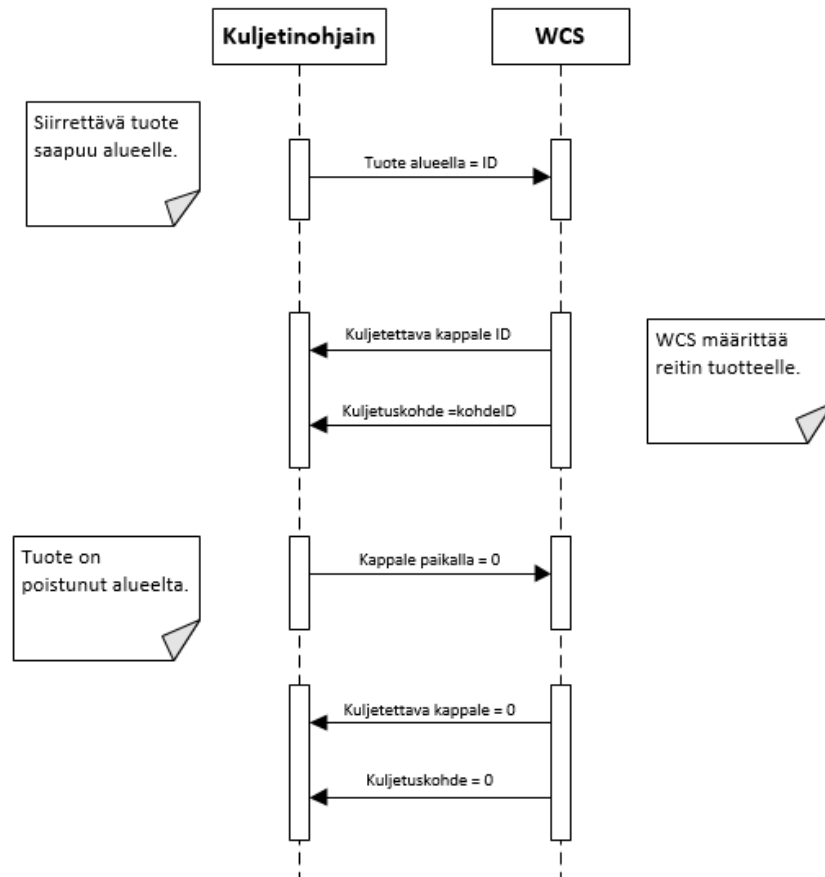
3.5.1 Järjestelmän ohjaus

Kuten aikaisemmin mainittu, WCS on järjestelmän ohjaukseen käytetty ohjelmisto, joka vastaa mm. siirrettävien yksiköiden (eng. Transfer Unit, TU) reittien suunnittelusta. Tämä tapahtuu siten, että kuljetinohjain ilmoittaa WCS:lle tuotteen läsnäolosta jollain

järjestelmän toiminta-alueella. WCS huolehtii suunnittelusta, mutta kuljetinohjain pitää huolta tuotteen siirtämisestä ja sijainnin kirjaamisesta.

Laitteiden kesken käytetyt signaalit ovat ”tageja” (eng. Tag, tunniste, lappu, merkki). Näitä käytetään WCS:n ja kuljetinohjaimen välisessä kommunikoinnissa. Itse tagi edustaa muuttujaa kuljettimen PLC:ssä (eng. Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka). PLC on tietokone, joka ohjaa tuotteen toimintoja sen sisältämän ohjelman mukaisesti. Sen ohjaus tapahtuu IEC-61131-3 –standardin mukaisilla ohjelmointi kielillä. (Olsson 2005, s 260) Kommunikoidessaan sekä WCS että kuljetinohjain pystyvät lukemaan ja kirjoittamaan PLC:n muistiin. Tagien mahdolliset datatyypit ovat double integer tai string. (D233549) Integer tarkoittaa datatyyppin olevan kokonaisluku. Normaalisti kokonaisluvun lukualue on 4 tavua. Jokainen tavu vastaa kahdeksaa bittiä. Tässä tapauksessa double int tarkoittaa luvun lukualueen kasvaneen kaksinkertaiseksi. Täten tällä datatyyppillä pystytään ilmaisemaan 2^{64} -lukua. (Microsoft, Data Type Ranges) String puolestaan tarkoittaa datan olevan tekstiä. Periaatteessa keskustelut laitteiden ja järjestelmien välillä käydään aina lähettämällä tapaukseen ja toimintaan sopivat tunnistet vastanottajalle. Kun toiminta on saatettu päätökseen, alustetaan kaikkien keskusteluun käytettyjen tunnisteid arvo nolliksi. Nyt seuraavat kommunikointitapahtumat alkavat puhtaalta pöydältä, ja virheiden tapahtuminen estetään.

Kuvan 21 mukainen sekvenssikaavio kuvaa kuljetinohjaimen ja varastonohjausjärjestelmän välistä tiedon vaihtoa tuotteen reitin määrittämisessä. Keskustelussa kuljetinohjain lähettää WCS:lle tuotteen tunnisteen sen ollessa kuljettimen alueella. Tällöin sille pitää määrittää tuotteen kohde. Varastonohjausjärjestelmä vastaa signaaliin lähettämällä kuljettimelle takaisin tiedot mikä tuote tulee siirtää ja mihin kohteeseen. Nämäkin tiedot on esitetty tunnisteilla. Tuotteen tunniste on sama kuin kuljettimen alkuperäisesti lähettämä ID. Kohteen tunniste sen sijaan on määritetty tuotantotilan mukaisesti. Kun tuote on poistettu alueelta, järjestelmä poistaa aiemmin käytetyt tunnistet muististaan asettamalla ne nolliksi. Näin järjestelmä on taas alkutilanteessa, varmistaen uuden tuotteen siirron onnistumisen.



Kuva 21 Sekvenssikaavio tiedonsiirrosta kuljetinohjaimen ja WCS:n välillä tuotteen reittiä määrittäessä. (Muokattu spesifikaatiosta D251020)

Reittien suunnittelun lisäksi WCS ja kuljetinohjain kommunikoivat, kun robotin tulee siirtää tuote pisteestä A pisteeseen B. Kommunikointi alkaa, kun tuote saapuu robottisolun alueen poimintaposition. Sekvenssikaavio on luettavissa liitteessä 3. Kommunikoinnissa kuljetinohjain ilmoittaa robottisolulle, että sen alueelle on sijoitettu tuote. Tämä tapahtuu muuttamalla ”tuote alueella”-tunnisteen arvo ykköseksi. Samalla kuljetinohjain ilmoittaa varastonohjausjärjestelmälle, mikä tuote on siirtymässä robottisolun alueelle. Seuraavaksi robotille on ilmoitettava, että tuote on mahdollista noukkia. Tätä varten kuljetinohjain lähettää robotin ohjaukselle siitä tiedon. WCS, jolle lähetettiin siirrettävän tuotteen tunniste, vastaa kuljetinohjaimelle samalla tunnistella. Näin varmistetaan tuotteen sijainti. Kun kuljetinohjain mahdollistaa robotille tuotteen noukkimisen nostopisteestä, se asettaa kuljettimen toiminnan pois päältä. Kuljetin ei saa toimia sillä aikaa kun robotti siirtyy nostopisteelle ja laskeutuu alas tarttumaan tuotteeseen. Tällä liikkeen estämisellä pyritään varmistamaan oikea tarttuminen. Kun robotti laskeutuu, se ilmoittaa tästä asiaan kuuluvalla tunnistella ”liiku alas”. Kun sen arvo on tosi, robotti suorittaa tarttumisoperaatiota.

Järjestelmä nollaa kaikki kommunikoinnissa käytetyt tunnisteet, kun robotti on nostanut tuotteen nostopisteestä. WCS ja kuljetinohjain poistavat tiedot tuotteesta, joka nostoalueella aiemmin oli. Kuljettimen anturi ei enää havaitse tuotetta ja lähettää robotille signaalin, että nostopiste on tyhjä. Robotti puolestaan ilmoittaa kuljettimelle, että se ei ole enää liikkumassa alas tai ala-asennossa, jolloin kuljettimen liikkuminen on taas mahdollista onnistuneen noston takia. Koska nostopiste on tyhjennetty onnistuneesti, se on tyhjä ja siten kuljetinohjain ilmoittaa robotin ohjaukselle, että alueelta ei ole mahdollista noukkia mitään.

Siirrettävän tuotteen jättöön suoritettava kommunikaatio on samankaltainen kuin nostossa tapahtuva. Toimintajärjestys on esitetty liitteessä 4. Kuljetinohjain ilmoittaa robotin ohjaukselle, että robotin jättöpisteen kuljetin on tyhjä. Samalla kuljetinohjain mahdollistaa tuotteen asettamisen loppupisteeseen antamalla siihen luvan merkillä ”mahdollista sijoittaa = 1”. Nostosekvenssin mukaisesti kuljettimen liike on estetty, kun sijoittaminen sinne mahdollistetaan. Myös tässä tapauksessa kuljettimen liike on estettävä siksi aikaa kun robotti siirtyy jättöpositioon ja laskeutuu alas kuljettimen tasolle. Kun robotti laskee tuotteen kuljettimelle, aktivoi tuote kuljettimella sijaitsevan anturin. Tämä anturi ilmoittaa kuljettimelle, että sen alueella on tuote. Kuljetinohjain välittää tämän tiedon eteenpäin robotin ohjaukselle. Saadessaan tiedon, että tuote on sijoitettu oikein, robottisolu voi siirtyä ylös jatkaen toimintaansa. Samalla kun kuljetinohjain lähettää robotille tietoa, se lähettää myös varastonohjausjärjestelmälle signaalin, jonka arvo tässä tapauksessa on suuri. Varastonohjausjärjestelmä on tietoinen kuljettimelle sijoitetun tuotteen tunnisteesta ja ilmoittaa sen kuljettimelle. Samalla WCS määrittää kuljettimelle myös minne tuote tulee siirtää. Robotin tarttuja on siirtynyt ylös ja se lähettää kuljettimelle signaalin ”liiku alas = 0”. Tämä kertoo kuljettimelle, että robotti ei ole sen alueella. Sen ohjaus voi taas sallia kuljettimen liikkumisen. Systeemi asettaa kaikki käytetyt tunnisteet, ”tagit”, nolliksi kuljetin on siirtänyt tuotteen pois jättöpisteestä

Viimeisenä tässä työssä esitettävänä toimintona on pinoaminen (eng. Palletizing). Tässä toiminnossa kommunikoivat osapuolet ovat samat kuin poiminta- sekä jättöoperaatioissa. Lopputuloksena on siirrettävistä yksiköistä kasattu pino, joka voidaan siirtää toisaalle kokonaisuutena. Sekvenssi, joka tässä toiminnassa tapahtuu, on nähtävissä liitteessä 5. Toiminta alkaa samalla tavalla kuin nosto-operaatioissa. Tuote, tässä tapauksessa tyhjä paletti, saapuu robotin alueelle. Kuljetinohjain ilmoittaa pinoamispisteessä olevasta paletista robotin ohjaukselle. Samalla se lähettää paletin tunnisteiden varastonohjausjärjestelmälle, jotta se pystyy päivittämään paletin sijainnin ja määrittämään sille reitin. Kuljettimen liike estetään, kun se sallii robotin pinota tuotteita paletille. Seuraavaksi kuljetinohjaimen ja robotin ohjaimen välillä vaihdetaan liiku alas –nimisiä merkkejä, joiden arvo määrittää robotin liikkeen suunnan. Tässä tapauksessa tosi on liike alaspäin ja epätosi liike ylöspäin. Kun pino on onnistuneesti lavattu paletille, WCS lähettää kuljetinohjaimelle paletin tunnisteiden ja tiedon minne se tulee siirtää. Kaikki sekvenssissä

käytettyjen merkkien arvot asetetaan nolliksi paletin siirryttyä pois alueelta. Samalla tavalla kuin aiemmissakin tapauksissa.

3.5.2 Informaation välitys

Tehtaissa on paljon samanaikaista toimintaa ja kaikkea tulee myös seurata. Tämä tarkoittaa nykypäivänä tiedon keräämistä monesta paikasta yhteen pisteeseen. Tätä varten on luotu Enterprise Resource Planning-, Manufacturing Execution System- ja Warehouse Controlling System -ohjelmistoja. Näillä seurataan ja ohjataan laitosten toimintaa ylemmällä tasolla. Ne ovat siis reaaliaikaisesti yhteydessä tuotannon työkoneisiin. Lisäksi laitosten tuotantotasolla koneet keräävät dataa ja kommunikoivat keskenään. Vielä tarkemmalle tasolle mentäessä koneen sisäiset anturit ja toimilaitteet keskustelevalt keskenään vaihtamalla I/O –signaaleja (eng. input / output). Kaikelle tälle informaation vaihdolle on oltava jokin välittäjä, joka mahdollistaa tiedon vaihtamisen onnistuneesti. Työn tarkastelema oheislaitte on yhteydessä varastonohjausjärjestelmään. Se on myös yhteydessä alemman tason ohjaukseen, kuten kuljettimien ohjaukseen. Tässä kappaleessa esitellään, miten dataa vaihdetaan pinonpurkajan toimintaa ajatellen.

12.8.2015 tapahtuneen vierailun aikana ilmeni, että laitteiden toiminnan puolesta ne käyttävät tietoväyliä:

1. Profibussia.
2. Ethernet.
3. Ethernet/IP.
4. As-I-kenttäväylä.

Rajapintojen puolesta pinonpurkajan tulee olla yhteydessä varastonohjausjärjestelmään (Tuomola J.). Järjestelmä seuraa laitteen toimintaa ja pystyy antamaan käyttäjälle virheilmoituksen, mikäli laitteessa ilmenee häiriö. Pinonpurkaja omaakin rajapinnan WCS:n kanssa ethernetin kautta. WCS pystyy myös lähettämään pinonpurkajalle tiedon sille saapuvien renkaiden tyypistä. Täten laitteen on mahdollista pyörittää hihnojaan sopivan määrän, jotta renkaat tippuvat yksitellen takaisin kuljettimelle pinon nostamisen jälkeen. (Anttonen J.) Pinonpurkajan on siis toimintansa puolesta sisällettävä rajapinta varastonohjausjärjestelmän kanssa. Tämä on toteutettu Ethernet-väylällä.

Vierailu Tuko Logisticsin tiloissa Keravalla 23.4.2015 osoitti, että järjestelmän toimintaa pystytään seuraamaan etänä tietokoneelta. Palaveritiloista otettiin yhteys varastonohjausjärjestelmään ja seurattiin tuotannon toimintaa hetken aikaa. Ohjelman esittämä kuva oli visualisaatio automaatiojärjestelmästä ylhäältä päin kuvattuna. Se sisälsi robotisolut, työpisteet sekä radat. Ongelmien ilmetessä alue, jolla ongelma sijaitsee muuttui vihreästä punaiseksi. Samalla ruutuun ilmestyi OMG-viesti (eng. Operation Mode Group). Tämä viesti sisälsi ongelmakoodin, joka alueella oli. Lisäksi siitä oli luettavissa

pienimuotoinen kuvaus ongelmasta. Pinonpurkajan liittäminen varastonohjausjärjestelmään on siis myös sen toiminnan seuraamisen vuoksi positiivinen teko

Pinonpurkajalla on oltava informaatorajapinta myös kuljettimiin jotka ovat sen välittömässä läheisyydessä. Tällä tarkoitetaan sekä syöttö- että poistokuljettimia. Lisäksi toimilaitteen on ohjattava myös kuljetinta, jonka yläpuolella se on. (Tuomola J.) Laitteiden on kyettävä vaihtamaan informaatiota, jotta systeemi toimii oikein. Syöttävän kuljettimen on tiedettävä onko pinonpurkaja valmis vastaanottamaan tuotteita ennen kuin se alkaa kuljettamaan rengaspinoa eteenpäin. Samalla periaatteella pinonpurkaja ei voi toimia sen ulostulon ollessa ruuhkautunut. Pinonpurkajan alla olevan kuljettimen on pysähdyttävä oikeaan kohtaan, kun rengaspinoon pitää tarttua. Järjestelmässä laitteet viestivät keskenään joko Ethernet/IP- tai Profibus-yhteydellä. Tehdaslayoutissa jokainen kuljetin on myös liitetty AS-I-kenttäväylään.

3.5.3 Laiteohjaus ja sulauttaminen

Järjestelmän sulauttamisella tarkoitetaan laitteen käyttämän ohjelman suorittamista sen sisältämissä ohjainlaitteissa. Siten ohjelmaa ei suoriteta ohjattavaan laitteeseen liitettyssä tietokoneessa, vaan laite sisältää oman ohjainyksikön, joka voi olla vaikka mikro-ohjain. (Virtuaali AMK) Sulauttamisprosessiin tarvitaan paljon tietoa, jotta se onnistuu. Sulautettavan järjestelmän toiminnalliset vaatimukset tulee tunnistaa. Nämä käsittävät ohjelmiston käyttäytymisen, sen suorituskyvyn ja toiminnot. Ohjelma suoritetaan laitteen sisältämässä ohjainlaitteessa, joten tulee luoda toimintakaavio laitteen sisältämistä toiminnoista ja ohjattavista osista. Näin on helpompaa yhdistää ohjelmiston suorittamia komentoja niiden käsittelemiin osiin. Lisäksi voidaan arvioida laitteiden välisiä liitännämahdollisuuksia sekä laitteen toimintaprosessia. (Broy & Slotosch 2001, s. 55-56)

Pinonpurkajan ohjaus on kuljetinohjauksen alainen. Komennot pinonpurkajalle saapuvat siis muualta. (Anttonen J.) Yritys on harkinnut ohjauksen sulauttamista pinonpurkajan oman ohjauksen luomiseksi. Tätä varten on pohdittu käytettäväksi Bosch Rexrothin tarjoamaa MLD-optiota. Tässä ratkaisuvaihtoehdossa servo-ohjaus ei tarvitse erillistä ohjainta, vaan suoritettava ohjelma voidaan ladata toimilaitteeseen. Huomiona tässä vaihtoehdossa oli sen sisältämien liitännämahdollisuuksien rajallisuus. (Varjus E.) Pinonpurkaja tarvitsee tiedonvaihtorajapinnan seuraavien kanssa: WCS, kuljettimet sen läheisyydessä, robottisolut, anturit ja toimilaitteet. MLD-optiolla sen saavuttaminen ei ole mahdollista (Varjus E.).

Bosch Rexrothin MLD-option käyttö mahdollistaisi servomoottorien itsenäisen ohjauksen. Laitteessa on myös pneumatiikalla toimivia sylintereitä, joihin servojen ohjauksen sulautus ei vaikuta. Sulauttamisprosessin pitäisi myös käsitellä tämän tekniikan itsenäistämistä pois kuljetinohjainten alaisuudesta, muuten sulauttaminen voi jäädä puolitiehen, jättäen sen tuottaman arvon määrän alhaiseksi.

4. BROWNFIELD-PROSESSI

Tässä työssä käytetään Brownfield-prosessia tarkastelemaan asiakkaan tarpeiden vaikutusta oheislaitteen rakenteeseen. Asiakkaiden tarpeet ja vaatimukset ovat erilaisia eri projekteissa, jonka takia yrityksen on luotava kaikille kannattava tuotevalikoima. Tuotevalikoiman laajuutta pystytään parantamaan luomalla modulaarinen tuoteperhe. Siinä käytetään hyväksi tietoa modulaarisuuden viidestä osasta, jotka on esitetty aiemmin kuvassa 7. Nämä osat olivat arkkitehtuuri, moduulit, konfiguraatietieto, rajapinnat ja suunnittelutieto.

4.1 Prosessin valinta

Tämä prosessi valittiin käytettäväksi, koska se oli maisterivaiheen opintojen kautta tuttu. Prosessissa luodaan tuoteperhe käyttäen hyväksi modulaarisuuden viittä osaa, joten sillä tavoitetaan myös modulaarisuuden positiiviset ominaisuudet. Valittu prosessi vastaa tuotteistamista koskeviin kysymyksiin, jotka on esitetty tutkimuksen alussa. Lisäksi prosessin tulokset ovat projektikohtaisia, koska ne ottavat huomioon sekä asiakkaan, että yrityksen toiminnan.

Valittu prosessi mahdollistaa tavoitteisiin vastaamisen. Tavoitteissa pohdittiin muidenkin laitteiden tuotteistuksen mahdollisuutta. Brownfield-prosessi jakaa tarkasteltavat osat elementteihin ja tarkastelee mahdollisia yhtäläisyyksiä. Jakotavan ja tarkastelun takia pystytään antamaan vastaus muiden laitteiden tuotteistamisen kannattavuudesta mekaanisella tasolla.

Brownfield-prosessi käydään tässä työssä askelittain läpi alusta loppuun sekä teorian, että käytännön kannalta. Tutkimusta voi siis käyttää lähteenä tulevissa tuoteperheen luomisprosesseissa. Tämän työn luettuaan lukijalla on käsitys, mitä tuotteistuksessa tulee ottaa huomioon. Siten Brownfield-prosessin käyttö vastaa tavoitteeseen tuotteistuksen käytännön osalta.

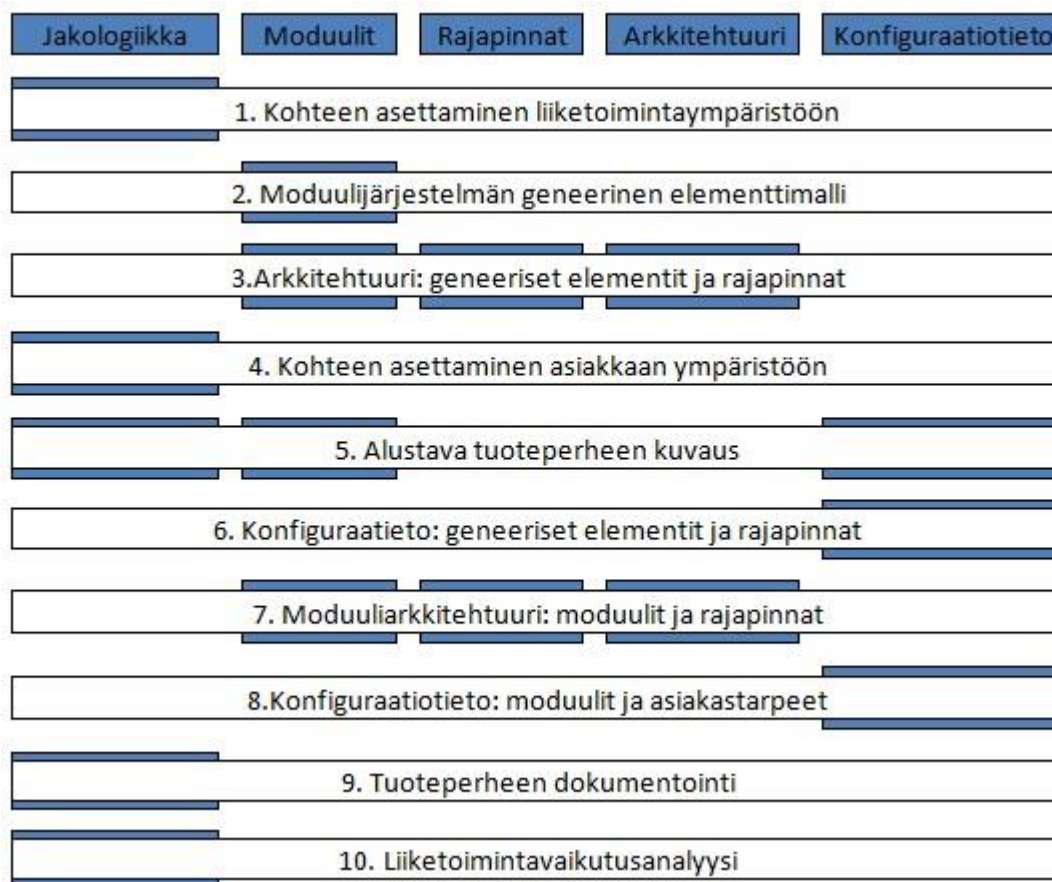
Brownfield-prosessin viimeisessä osassa luodaan liiketoiminnan vaikutusanalyysi, jonka tulos määrittää tuotteistamisen kannattavuuden. Analyysin tuloksissa arvioidaan kulojen ja tuoton määriä, jolloin tulokset realisoituvat valuutaksi. Tällä tavalla pystytään ennakoimaan alkupanostuksen, ylläpitokustannusten sekä tuoton määriä. Liiketoiminnan vaikutusanalyysi tehdään yhteistyössä yrityksen henkilöstön kanssa, jolloin arviot ovat heidän antamiaan.

4.2 Prosessin askeleet

J. Pakkanen esittelee väitöstyössään Brownfield-prosessin vastaamaan kysymykseen tuotteistamisen kannattavuudesta. Hänen mukaansa alkuperäinen Brownfield-prosessi esiteltiin Lehtonen et al. 2011 julkaisemassa työssä: *A Brownfield Process for Developing of Product Families*. Pakkanen oli kyseisessä työssä myös tekijänä ja esittää alkuperäisen prosessin koostuneen viidestä askeleesta. Nämä olivat:

1. Määritä liiketoiminnan kohteet.
2. Luonnostele moduuliarkkitehtuuri käyttäen hyväksi vanhoja ratkaisuja ja komponentteja.
3. Päivitä ja perustele markkina-, sekä asiakastarpeet.
4. Luo moduuliarkkitehtuuri variaatioiden minimimäärällä ja määritä uuden suunnittelun tarve.
5. Dokumentoi perustelut valitulle arkkitehtuurille.

Pakkanen käsittelee väitöstyössään Brownfield-prosessia vielä tarkemmin. Hän on jakanut edellä viidessä osassa esitetyn prosessin kymmeneen askeleeseen. Hänen mukaansa askelia on helpompi käsitellä tällä jaolla. Hänen jakologiikkansa on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22 Brownfield-prosessin kymmenen askelta. (Pakkanen 2015, s.172)

Kuvan 22 taulukossa ilmenee kymmenen askelta. Prosessin edetessä edellisten askeleiden tulokset toimivat esitietoina seuraaville askelille. Siniset alueet askelien ympärillä osoittavat mitkä moduloinnin osat ovat askeleessa mukana. Prosessin tarkoitus on järjestyttää tuotteessa tapahtuva räätälöinti. Oletuksena on, että yrityksellä on asiakkaita, jotka ovat ostaneet tuotteita, jotka vastaavat heidän tarpeitaan. (Pakkanen 2015, s. 205)

Brownfield-prosessi alkaa asettamalla tarkastelun kohteen yrityksen liiketoimintaan. Tässä vaiheessa tutkitaan mitä arvoketjuja ja prosesseja yrityksellä on. Ensimmäiseksi päätetään, mitä laitteita tarkastelussa otetaan huomioon. Kun tuotteet on valittu, Pakkanen ehdottaa kahta menetelmää tarkentamaan niitä. Ensimmäinen on syy-seuraus-suhde-kaavio tuotteen osien vakiointiin ja variointiin. Kaaviossa tuote jaetaan elementteihin, joiden vakioinnin tai vaihtelevuuden vaikutuksia arvioidaan tuoteperheen kannalta. Toinen puolestaan on CSL (eng. Company Strategic Landscape). Sen tarkoitus on mallintaa liikeympäristö prosesseina, arvoketjuina ja strategiana. Näiden osien tarkasteleminen auttaa löytämään tuotteita, joita voitaisiin moduloida tuoteperheiksi. Tuotekehitysryhmän päätettäväksi jää kumpaa lähestymistapaa he käyttävät. Syy-seuraussuhdekaavio on käytettävissä, mikäli tuoteperheen luomisen tarve on ilmeinen. CSL:ää tulee käyttää, jos ei tiedetä onko kyseinen tuotekehitys tarpeellista. Kun ensimmäinen askel on valmis, kehitystiimillä on selvillä liikeympäristön alueet, joilla tuoteperheen luominen voi potentiaalisesti tuoda arvoa. Heille on myös realisoitunut tavoitteet, joihin moduloinnilla pyritään. (Pakkanen 2015, s. 183-188)

Prosessin toinen askel on moduulijärjestelmän elementtien jako yleisiin elementteihin. Tässä vaiheessa tulee tuntee valitun tuotteen rakenne. Lisäksi on hyvä pitää mielessä, mihin tavoitteisiin tuoteperheen luomisella pyritään. Elementtimalli luodaan yrityksen tiedolla, mistä osista heidän tuotteensa koostuu. Näitä osia voivat olla alikokoonpanot, yksittäiset elementit tai toiminnalliset osat. Tässä vaiheessa voi ilmetä osia, jotka muistuttavat toisiaan suuresti. Niiden vakioinnin mahdollisuutta tulee analysoida liiketoiminnallisesta näkökulmasta. Brownfield-prosessin toisen askeleen lopussa hankkeen suorittajat ovat jakaneet tuotteen pienempiin käsiteltäviin osiin, joita käsitellään tulevisissa askelissa. (Pakkanen 2015, s. 188-190)

Kolmas askel koskee arkkitehtuurin luomista toisen askeleen elementeille. Kuvassa 22 esitetyistä sinisistä merkinnöistä on nähtävissä, että tämä vaihe koskee luotujen moduulien ja arkkitehtuurin lisäksi myös rajapintoja. Tässä askeleessa tulee siis ottaa huomioon, miten elementit sijoittuvat tuotteessa. Tällä tavalla pystytään luomaan rajapintakuvauksia määritettyjen elementtien välille. Käytettäväksi tähän askeleeseen suositellaan V-matriisia. (Pakkanen 2015, s. 191) V-matriisi esittää elementtien väliset yhteydet selkeästi. Sen kautta pystytään parantamaan käsitystä tuotteen toiminnoista ja rakenteesta. (Riitahuhta & Pulkkinen 2001, s. 64) Modulaarisuuskappaleen mukaan rajapintojen hallinta on tärkeää ja niiden tulee olla rikkoutumattomia. Tähän askeleeseen tulee varata aikaa, jotta rajapinnat määritetään oikein. Arkkitehtuuri on tässä vaiheessa vielä vain kuvaus toisen askeleen elementeistä ja niiden välisistä yhteyksistä. Kolmannessa aske-

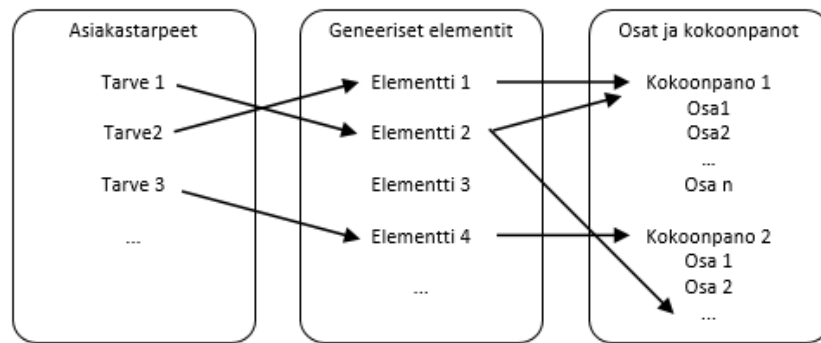
leessa siis tarkentuu miten elementit liittyvät toisiinsa. Rajapintojen määrittäminen mahdollistaa päätöksen arkkitehtuurin tyypistä. (Pakkanen 2015, s.191-193)

Brownfield-prosessin alkuperäisessä jaossa toinen kohta ehdottaa luomaan uudet toteutukset käyttäen hyväksi vanhoja ratkaisuja ja komponentteja. Tämä on suositeltavaa, koska vanhoja ratkaisuja on jo kehitetty asiakkaiden tarpeita huomioiden. Läpi käytävässä uudessa Brownfield-prosessin jaottelussa neljäs askel koskee asiakkaiden tarpeita. On hankalaa luoda arvoa tuottavia konfiguraatiomahdollisuuksia, mikäli näitä tarpeita ei analysoida. Pakkanen esittää asiakastarpeiden määrittämiseksi käytettävän Gripen-lähestymistä. Siinä tarkastellaan asiakkaan prosesseja, joissa he käyttävät kehitettävää tuotetta. Gripen-lähestyminen esittää kysymyksiä ongelman tarkastelun helpottamiseksi. Niitä ovat seuraavat:

1. Missä prosesseissa asiakas käyttää kehitettävää tuotetta?
2. Mitä prosessiaskelia ja osioita pystytään tunnistamaan tuotteen käytöstä?
3. Millaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja liittyy edellisiin prosessiaskeliin siten, että ne vaikuttavat tuotteeseen?
4. Onko olemassa muita asioita tai työtapoja, jotka luovat tarpeen eri tuotteille tai tuotteen variaatiolle?

Gripen-tarkastelulla pyritään tunnistamaan samankaltaiset variaatiot ja jaottelemaan ne ryhmiksi. Tällä tavalla pystytään tunnistamaan osia, jotka ovat yhtenäisiä projektien vaihtuvissa kokoonpanoissa. Tämän jälkeen voidaan miettiä, ovatko kaikki variaatiot tarpeellisia, vai voidaanko niitä yhtenäistää. (Pakkanen 2015, s.194-195)

Tähän mennessä on tarkasteltu, mistä tuotteista on yrityksen liiketoiminnan kannalta kannattavaa kehittää tuoteperhe. Tuotteet on jaettu pienempiin tarkasteltaviin osiin ja niille on määritetty arkkitehtuuri, joka määrittää niiden liitännät toisiinsa ja sisältää rajapinnat. Tämän jälkeen on tarkasteltu, mitkä asiakkaan prosessit vaikuttavat tuotteen osiin siten, että syntyy tarve muuntelulle. Tämän perusteella aloitetaan luomaan alustavaa kuvausta luotavasta tuoteperheestä. Viides osio sisältää tietoa edellisistä osioista ja luo niiden perusteella erilaisia kokoonpanoja tuotteesta. Asiakaskohtaiset tarpeet luovat tarpeen eri elementtien käytölle. Tämän perusteella luodaan tarpeisiin vastaavia kokoonpanoja kuvan 23 mukaisesti. (Pakkanen 2015, s.196-197)



Kuva 23 Alustava tuoteperheen kuvaus. (Muokattu Pakkanen 2015)

Kuvan 23 mukaisesti tässä askeleessa listataan ylös kaikki asiakastarpeet, jotka luovat tuotteessa muuntelun tarvetta. Yhtenä tavoitteena tässä askeleessa on analysoimalla tarkistaa, että jokaista tarvetta kohti on ainakin yksi geneerinen elementti. Tarkastelussa voi ilmetä, että on elementtejä, joille ei pystytäkään määrittämään tarvetta muuntelulle. Näille tuotteen elementeille on potentiaalinen ratkaisu vakioida ne. Lyhyesti kuvattuna tämä askel tuo esille tuoteperheen mahdollisia yhteneväisyyksiä. Lisäksi se määrittää muunteluun tarvittavien vaihtoehtoisten osien määrää. Tämän askeleen jälkeen pystytään luomaan alustava kuvaus tuoteperheestä. (Pakkanen 2015, s. 196-199)

konfiguraatiotietoa voidaan ruveta määrittämään kun tuoteperheen alustava kuvaus on valmis. Tässä vaiheessa erilaisia konfiguraatioita suunnitellaan käyttäen hyväksi edellisten askeleiden asiakastarpeita ja elementtijakoa. Tuotettua tietoa käytetään seuraavissa askelissa hyväksi. Pakkanen esittää tässä vaiheessa käytettäväksi muokattua K-matriisia. Tämä matriisi määrittää yhteydet elementtien ja tarpeiden välillä. Matriisi ei vielä ole täysin ehdoton, koska tässä vaiheessa tuoteperheen tekninen näkymä ei vielä ole täysin valmis. Tarkastelussa ehdotetaan käyttämään seuraavia yhteyksiä:

1. Asiakas tarvitsee osan.
2. Asiakas ei tarvitse osaa.
3. Asiakkaan tarve voi vaikuttaa osaan.
4. Asiakkaan tarve ei vaikuta osaan.

Näiden yhteyksien kautta K-matriisi tulee näyttämään kuvan 24 mukaiselta.

Lopuksi Brownfield-prosessissa luodaan liiketoiminnan vaikutusanalyysi. Brownfield prosessissa tämän ideana toimii seuraava aate: Modulaarisuuden osat, jotka esiteltiin kuvassa 7, mahdollistavat tai tukevat modulaarisen tuoteperheen suunnitteluperiaatteita. Tuoteperheellä itsellään on vaikutuksia tuotteen elämänsyklin kuluihin, tuottoon, laatuun, tuotantoaikoihin jne. (Pakkanen 2015, s. 2013) Analyysissä tarvitsee vastata kysymyksiin, joille voidaan määrittää konkreettisesti kulujen nousu tai lasku nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Tämänlaiset kysymykset voisivat koskea suunnittelijoiden työn vähenemisen määrää elementtien uudelleenkäyttämisen johdosta. Pyrkimyksenä on ollut osien luonti siten, että projektikohtaisen suunnittelun määrä laskee. Tämän takia suunnittelijat voidaan sitoa toisiin tehtäviin ja tällä voi olla positiivinen vaikutus tuoteperhettä ajatellen.

5. BROWNFIELD-PROSESSIN TOTEUTUS

Tämä kappale esittää kappaleen 4 mukaisen Brownfield-prosessin, siten kuin se tässä diplomityössä on suoritettu. Tiedot on kerätty yrityksen työntekijöiltä käyttäen hyväksi sähköpostia ja haastatteluita.

5.1 Prosessin aloittaminen

Ensimmäisessä askeleessa lähtötietona oli määrittää yrityksen liiketoimintastrategia. Edellä on esitetty yrityksen toimittavan kokonaisia automaatiojärjestelmiä. Yrityksen tarkoitus ei ole myydä pinonpurkajia yksittäisinä tuotteina. Oheislaitteet ovat osana näitä järjestelmiä. On myös tilanteita, jolloin asiakas ei tiedosta, että järjestelmässä tulee olemaan esim. pinonpurkajia (Anttonen J. 14.10.2015).

kirjallisuuskatsauksen mukaan tuotteistamisella pyritään luomaan tuote tai palvelu, joka voidaan myydä sellaisenaan. Tämä tulos, jossa tarkoituksena ei ole myydä oheislaitteita sellaisinaan, luo ristiriidan kirjallisuuskatsauksen kanssa. Tuotteistamisella on kuitenkin esitetty olevan positiivisia vaikutuksia. Niitä voidaan mahdollisesti saavuttaa, vaikka yrityksen strategia ei sitä tukisikaan.

5.2 Elementtijako ja rajapinnat

Toisen askeleen mukaisesti yritysvierailulla 14.10.2015 suoritettiin pinonpurkajan elementtijako laitteen suunnittelijan Kenneth Kurkion kanssa. Osaluettelo on nähtävissä liitteessä 6, jossa osat on jo sijoitettu V-matriisiin. Vasemmalla sarakkeella ovat kaikki määritetyt osat. Ne löytyvät myös yläriviltä samassa järjestyksessä. Rastilla on siten merkattu mitkä elementit omaavat yhteisen rajapinnan. Mustat solut on merkitty, koska elementti ei voi omata rajapintaa itsensä kanssa. Merkinnät on tehty vain tummennettujen solujen alapuolelle, jotta tuplamerkintöjä ei synny. Luodusta V-matriisista on esitetty myös visuaalinen malli, joka on tarkasteltavissa liitteessä 7. Elementtien tarkastelussa ilmeni, että laitteessa on kolme selkeää alikokoonpanoa. Nämä olivat laitteen runko, nostoraami ja puristusvarsi. Tulos vastaa kappaleen 3.1.2 päätelmiä.

Rungon pohja koostuu pohjalevyistä ja niiden väliin sijoitetusta väliaisasta. Levyihin asetetaan pystyjohteet (4 kpl) ja niiden väliin päätyihin liitetään tuet (2 kpl). Nostoraamin kehikko asetetaan pystyjohteille ja rungon yläosaan liitetään yläkehikko. Tällä kehikolla suljetaan rungon rakenne ja rungon yläosa on siten tuettu. Yläkehikkoon liitettyyn moottoriin kiinnitetyt ketjut kiinnitetään rungon pystyjohteille asetettuun nostoraamiin. Täten rungolla ja nostoraamilla on rajapinta nostoraamiin asetettujen kelkkojen ja noston suorittavan ketjun kautta. Nostoraamin kehikon alapuolelle on kiinnitetty johteet joihin puristusvarret liitetään. Laitteen omaavat puristusvarret (2 kpl) ovat identtiset (Kurkio K.).

Puristusvarren runkoon liitetään tuki. Tämä tuki painautuu rengaspinoja vasten kun puristusvarret puristetaan yhteen. Tuen ja rungon väliin on sijoitettu kulmaväännin kummallekin puolelle. Se rakentuu kahdesta ruuvista. Näiden avulla saadaan hienosäädettyä luotavan puristuksen määrää.

Puristusvarren runkoon on liitetty erillinen momenttituki, johon moottori liitetään. Tällä metalliosalla estetään moottorin liikkuminen työliikkeen aikana ja samalla irroitetaan moottorin suora liitäntä rungosta. Moottorin akseli asetetaan runkoon kiinnitettyjen hammaspyörien läpi. Nämä hammaspyörät luovat liikkeen hihnoille, jotka on kierretty runkoon kiinnitetyn tuen ympäri.

5.3 Asiakkaan tarpeet

Asiakkaan erilaisista tarpeista keskustellessa ilmeni, että asiakas tilaa koko järjestelmän kerralla. Tämä vastaa yrityksen toimintatapaan kehittää koko järjestelmä ja toimittaa se valmiina asiakkaalle. Edellä mainittiin, että asiakas ei joskus edes tiedä tilaamassaan järjestelmässä olevan pinonpurkajia. Asiakkaan kuvattiinkin olevan ”talon sisäinen” (Anttonen J.).

Yrityksellä on oma system planning –osasto, joka suunnittelee automaatiojärjestelmän asiakkaan toiveiden mukaan. Järjestelmä kuvataan functional Specification –asiakirjassa, josta ryhmä saa tiedon mitä kappaleita käsitellään ja mikä on tehtaan kapasiteetti. Osaston työntekijät valitsevat käytettävän pinonpurkaja-mallin tarvittavan kapasiteetin mukaan. Päiväkapasiteetin perusteella he määrittävät kuinka monta rengasta tulee käsitellä tunneittain. Tästä tiedosta voidaan päätellä automaatiojärjestelmässä tarvittavien oheislaitteiden määrä. Tarjoussuunnittelijat piirtävät pinonpurkajat tarjottavaan layouttiin ilman yksityiskohtia. Automaatiojärjestelmän tilaajalle tullaan siten myyntitilanteessa tarjoamaan järjestelmä, joka sisältää oheislaitteet. (Rajakangas T.)

Pinonpurkaja valitaan edellisistä projekteista sen mukaan, mikä vastaa parhaiten nykyisen projektin vaatimuksia. Kyseinen pinonpurkaja on suunniteltu rengasteollisuuteen, joten asiakkaiden tarpeet ovat lähes samoja eri projektien kesken. (Rajakangas T ; Anttonen J.)

Haastatteluissa ilmeni, että käytettävien kuljettimien korkeus vaikuttavat pinonpurkajan rungon pystyjohteiden pituuteen. Laitteen suunnittelija K. Kurkio arveli, että suurempaa puristukseen käytettyä sylinteriä voi joutua vaihtamaan. Renkaan kokoskaala voi muuttua paljon. Tämän takia tulisi kiinnittää huomiota myös nostoraamin ja sen johteiden pituuteen.

Edellisissä kappaleissa on ilmennyt muutamia tarpeita luovia kohteita. Näitä ovat:

1. **Kapasiteetti.** Vaikuttaa siihen valitsee system planning –puoli nopean vaihtaan tyyppin pinonpurkajan. Mikäli kapasiteetin tarve on suuri, valitaan nopea pinonpurkaja jo alustavasti.
2. **Kuljettimien korkeus.** Vaikuttaa pinonpurkajan rungon pystyjohteisiin. Kokoonpanon korkeuden muuttuminen voi vaikuttaa nostoraamia liikuttavan servon ketjuihin.
3. **Renkaan koko.** Mikäli tämä muuttuu paljon niin puristuksen suorittavaa sylinteriä voi joutua vaihtamaan. Renkaan koolla on myös mahdollinen vaikutus nostoraamin kokoon.
4. **Sivuttaisliike.** 14.10.2015 tehty käynti tuotannon tiloissa toi taas ilmi uuden keskitystävän pinonpurkajan alapuolelle sijoitetussa kuljettimessa. Kuljetintelojen välistä nousi ylös väylät, joihin oli sijoitettu renkaat mahdollistamaan sivuttaisliike puristuksessa. Tämä oli kolmas tapa sivuttaisliikkeen suorittamiseen ilman renkaita pilaavan kitkan syntymistä. Edelliset todetut tavat olivat mattokuljetin ja siirto nostoraamiin sijoitetun keskitysmekanismin avulla.
5. **Tehtaan pohjapiirros.** Kuljettimien, robottien ja oheislaitteiden sijoittaminen asiakkaan tiloihin voi vaikuttaa sähkökaappien ja muiden sähkölaitteiden sijoitukseen. Tämä vaikuttaa esimerkiksi tarvittavan virtakaapelin määrään.

Koska työ keskittyy nopean mallin pinonpurkajaan, voidaan olettaa, että kapasiteetti edellyttää kyseistä laitetta. Tehtaan pohjapiirros ja sen tilat vaikuttavat automaatiojärjestelmän luomiseen kokonaisuutena. Tilaan pitää sijoittaa oheislaitteiden lisäksi myös portaalirobotit, kuljettimet yms. System planning –puoli vastaa tähän asiakastarpeeseen parhaimmalla mahdollisella layoutilla.

Asiakastarpeista luotiin V-matriisi, joka on esitetty kuvassa 26. Tarkoituksena oli tutkia, millä tavalla asiakastarpeet vaikuttavat toisiinsa. Mahdolliset relaatiot on lueteltu kuvan 26 vasemmassa ylälaidassa. Ne muistuttavat alkuperäisen Gripentarkastelun kysymyksiä.

(1) Asiakastarve realisoi toisen asiakastarpeen										
(2) Asiakastarve poistaa toisen asiakastarpeen										
(3) Asiakastarve voi vaikuttaa toiseen asiakastarpeeseen										
(4) Asiakastarpeilla ei ole yhteyttä										
Asiakastarpeet	Asiakastarpeet									
Laitteen korkeus										
Koko vanhojen toteutusten mukainen										
Koko ensimmäistä kertaa käytössä			2							
Renkaiden koko										
Koko normaali			4	4						
Koko vaihtelee			4	3		2				
Pinon Keskitys										
Keskitys Ilmassa			4	4		4	3			
Keskitys Kuljettimella			4	4		4	4		2	

Kuva 26 Asiakastarpeiden välisiä vaikutuksia käsittelevä V-matriisi

Kuvasta 26 pystytään päättämään, että samaan kategoriaan sisältyvät tarpeet sulkevat toisensa pois. Mikäli tuotteen korkeus on vanhojen toteutusten mukainen, niin se ei luonnollisesti ole ensimmäistä kertaa käytössä. Tämän vuoksi näihin kohtiin on tehty merkintä 2. Työssä oletetaan, että renkaiden koolla ja pinonpurkajan rungon korkeudella on vaikutus toisiinsa vain, jos renkaiden koko vaihtelee. Tällöin renkaiden korkeuden kasvaessa voidaan mahdollisesti joutua kasvattamaan myös rungon korkeutta, mikäli kuljettimien korkeus pysyy samana. Toinen oletus joka on tehty, on renkaiden koon muuntelun vaikutus rengaspinon keskittämiseen ilmassa. Rengaspinot ovat tyypipuh-taita mutta niiden koon kasvaminen kasvattaa myös rengaspinon massaa. Tällöin pinon nostamiseen tarvitaan enemmän voimaa ja siten voi olla parempi suorittaa sivuttaisliike kuljettimilla.

5.4 Alustava tuoteperheen kuvaus

Tähän mennessä tuote on jaettu elementteihin ja näiden elementtien väliset rajapinnat on määritetty. Yrityksen liiketoimintamalli oli kokonaisten automaatiojärjestelmien toimittaminen ja siten asiakkaiden syöte oheislaitteiden vaatimuksiin on alhaisella tasolla. Tuotetta ei ole tuotteistettu, joten järjestelmän suunnittelussa käytetään vanhojen prosessien vastaavia laitteita.

Asiakas tarvitsee laitteen, joka sijoitetaan rengaskuljettimien yläpuolelle asiakkaan tuotannossa. Tämän laitteen tulee tarttua sen alueelle tuotuun rengaspiinon ja nostaa se ilmaan. Tämän jälkeen laitteen pitää pystyä nopeasti erottelemaan renkaat kuljettimelle. Renkaat jatkavat sitten matkaansa yksittäin pois laitteen alueelta ja siten eteenpäin tuotannossa.

5.5 Elementtien yhdistäminen tarpeisiin

Elementtien ja tuotteeseen kohdistuneiden, räätälöinnin tarvetta luovien tarpeiden tarkastelussa luotiin K-matriisi. Kyseinen matriisi on luettavissa liitteessä 8. Matriisista huomaa, että jokainen käytetty osa on tarpeellinen lopullisessa kokoonpanossa. Nämä yhteydet on siten merkitty matriisissa numerolla yksi. Edellä esitetyt tarpeet on sijoitettu matriisiin yläriville. Osat joihin niiden vaikutus kohdistuu, on merkattu numerolla kolme. Tämän jälkeen K-matriisia tarkennettiin lisäämällä siihen tarkennetut ratkaisuvaihtoehtot. Nämä ilmenevät tarkempina osina liitteessä 9. Tässä vaiheessa elementeille määritettiin niiden tyyppi, riippuen siitä mikä on niiden tarve tuotteessa. Enää otetaan huomioon miten asiakkaan tarve vaikuttaa kyseiseen osaan. Tästä tarkennetusta matriisista näkee miten tarve vaikuttaa elementtiin, esimerkiksi joudutaanko se suunnittelemaan uudestaan, vai riittääkö pelkkä elementin vaihtaminen. Matriisista pystytään lukemaan, että mikäli renkaiden koko vaihtelee projektissa rajusti, tai on eri kuin aiemmin käytetyissä projekteissa, niin nostoraamin kehikkoa voidaan joutua suunnittelemaan uudestaan. Liitteen 6 esittämän V-matriisin mukaisesti seuraukset voivat myös vaikuttaa kehikkoon kiinnitettyjen puristusvarsien johteiden kokoon, koska ne on kiinnitetty kehikkoon. Myös puristuksen suorittavaa sylinteriä voidaan silloin joutua vaihtamaan.

Pinon keskityksen suoritus vaikuttaa laitteen keskitysmekanismin valintaan. Keskityksessä ovat suuressa osassa myös käytetyt kuljettimet, joita ei ole merkattu matriisiin, koska ne eivät kuulu laitteen välittömään kokoonpanoon. Rajapintojen tarkastelusta pystytään myös päättelemään, että nostoraamin kehikon koon kasvu vaikuttaa myös pystyjohteiden välinen matkaan. Ne omaavat rajapinnan kehikon kanssa sen kelkkojen kautta. Pystyjohteet on myös kiinnitetty pohjalevyihin, jotka kiinnitetään maahan. Pohjalevyjen välissä on niihin liitetty väliaisa. Pinonpurkajan leveyden kasvu vaikuttaa myös tähän elementtiin.

5.6 Dokumentointi

Edellisissä askelissa on tähän mennessä määritetty tuotteen rakenne ja sen osista on luotu räätälöitävä tuote. Tämä uusi informaatio tulee dokumentoida. Tähän ehdotettiin käytettäväksi PSBP-menetelmää. Tällä dokumentoinnilla pyritään kuvaamaan tuotteen osat ja liittämään niihin asiakastarpeet. PSBP-kuvaajassa vasemmalle puolelle on kerätty laitteen geneeriset elementit ja oikealle puolelle määritetyt asiakastarpeet. Kuvaajan keskelle on sijoitettu mahdolliset ratkaisuvaihtoehtot mitä tuotteessa voidaan käyttää.

Näiden väri osoittaa kappaleen olevan joko vakiokomponentti, räätälöitävä, osittain räätälöitävä tai ainutlaatuinen. Tässä työssä luotu PSBP-kuvaaja on esitetty liitteessä 10, eikä siihen ole liitetty jokaista elementtiä. Perustelu tälle päätökselle on tuotteen sisältämien vakiokomponenttejen pois jättäminen luettavuuden parantamiseksi. Liitteessä 9 on nähtävissä, että jokaiseen elementtiin ei kohdistu konfiguraation tarvetta. Tarvittavat vakiokomponentit voidaan tarkastaa K-matriisista ja räätälöivät komponentit PSBP:stä.

Product Structure Blue Print:stä on luettavissa että tietyt tarpeet eivät vaikuta kaikkiin räätälöitäviin elementteihin. Pystyjohteiden pituuteen vaikuttaa asiakkaan haluamien kuljettimien korkeus. Mikäli korkeus on aiemmin luotujen rajojen ulkopuolella, pitää suunnitella pystyjohte, joka vastaa asiakkaan tarpeisiin. Keskittämismekanismien valinta on asiakkaan päätettävissä. Asiakkaan tarvitsee vain määrittää onko hänen tarvitsemisensa kuljettimissa mahdollisuus sivuttaisliikkeen suoritukselle ilman kitkaa.

Renkaiden koko vaikuttaa elementteihin, joiden rakenne muuttuu tuotteen leveyden muuttuessa. Isommat renkaat tarvitsevat leveämmät kuljettimet. Pohjalevyjen väliin asetettavan väliaisan pituuden tulee siten kasvaa kuljettimien kasvun mukaisesti. Lisäksi pystyjohteiden välisen etäisyyden kasvaessa joudutaan muuttamaan niiden päälle asetettavan ylärakenteen mittoja myös. Renkaiden koko vaikuttaa vielä niiden yläpuolella sijaitsevan nostoraamin kehikon ulkomittoihin. Kehikon koko vaikuttaa myös siihen liitettyjen johteiden pituuteen. Puristusvarret liikkuvat näitä pitkin, joten niille on oltava tarpeeksi tilaa siirtyä puristuksen suorittavan liikkeen aikana. Tällä tavalla myös puristusvarret avautuvat tarpeeksi erilleen, jotta uusi rengaspino mahtuu niiden väliin. Käytettävät pinonpurkajat voivat kattaa henkilö- sekä kuorma-autojen rengaskoot (Anttonen J.). Osat, joihin pinonpurkajien leveys vaikuttaa, on mahdollista suunnitella vaihtoehtoisiksi komponenteiksi. Tällä tavalla luotaisiin kaksi eri leveyden omaavaa laitetta, jotka käsittävät kahden rengaskoon tuotantolinjat. Mikäli rengaskoko on ensimmäistä kertaa käytössä, tulee suunnitella uudet komponentit, jotka PSBP-liitteessäkin on merkitty keltaisella värillä.

Haastatteluissa ilmoitettiin tuotteen korkeuden olevan muuttuja, jonka takia on jouduttu suunnittelemaan pystyjohteita uudelleen. Tähän voisi harkita kuvan 6 esittämän Cut-to-Fit-modulaarisuuden soveltamista.

Tavoitteissa oli myös pohdittu mitkä oheislaitteet kannattaa tuotteistaa. Kuvan 8 esittämät nopean ja hitaan mallin pinonpurkajat ovat rungoltaan samankaltaisia. Tämän takia voisi pohtia myös hitaan mallin lisäämistä tuoteperheeseen. Rungon rakenne on molemmille malleille sama ja kehikkokin on tehty samalla tavalla. Asiakkaan tulee vain valita kumman mallin hän haluaa ja sen mukaan laitteeseen asennettaisiin eri puristusvarret. tuoteperheen voi viedä pidemmälle lisäämällä siihen kappaleessa 3.2.3 esitetyn spotting-laitteen. Runkonsa puolesta se omaa samanlaisen rakenteen pinonpurkajien kanssa. Mahdolliset muutokset syntyisivät leveydestä, ja spotting-laitteella voisi olla

omantyyppisensä kehikko, kuten kuvassa 15. Täten tuoteperhettä laajennetaan rungon komponenttien samankaltaisuudella. Toiminnot silti lisääntyvät, mikäli runkoon kyettäisiin liittämään erilaisia raameja eri toimintoja varten.

5.7 Liiketoiminnan vaikutusanalyysin luominen

Viimeisessä vaiheessa arvioidaan, mitkä ovat Brownfield-prosessissa luodun tuoteperheen vaikutukset yrityksen liiketoiminnalle. Tarkoitus on realisoida tuotteistamisen hyödyt ja mahdolliset haitat konkreettisesti. Yritysmaailmassa tämä tarkoittaa vaikutusten muuttamista valuutaksi. Tämä kappale esittelee muutamia aiheita, joita Brownfield-prosessissa käsitellään. Ne pyritään perustelemaan lukijalle siten, että hän ymmärtää niiden tarkoituksen ja sen mahdolliset vaikutukset.

Brownfield-prosessi on jaettu kymmeneen osaan kuvassa 22. Näiden osien ympärillä on tarkennettu sinisillä merkinnöillä, mihin moduloinnin osa-alueeseen ne kuuluvat. Nämä osa-alueet on esitetty kuvassa 7. Näistä modulaarisuuden osa-alueista muodostuu vaikutuksia yrityksen tuotteisiin ja prosesseihin. (Pakkanen 2015, s. 215) Esimerkiksi tuotteen jakaminen moduuleihin voi vaikuttaa tuotteen kuljetukseen siten, että tuote lähetetään moduleina kohteeseen ja kootaan paikan päällä.

Alla on listattu kahdeksan tarkasteltavaa osa-aluetta koskien tuoteperheen luomista. Aiheet on valittu siten, että hyötyjä ja haittoja tarkastellaan tasapuolisesti.

1. **Moduulijärjestelmän luominen.** Tämä voi vaikuttaa reaktioaikaan muuttuvilla markkinoilla ja tällä saavutetaan tuotteen räätälöitävyys asiakkaan tarpeiden mukaiseksi.
2. **Tuotekehityksen tekemä työ.** Moduulijärjestelmän ja tuoteperheen luomiseksi tarvitaan työntekijöitä. Näille maksettavista palkoista muodostuu kustannuksia ja henkilöstöresursseihin vaikuttavia näkökantoja.
3. **Tuotekehityksen henkilöstön vapautuminen toisiin tehtäviin.** Moduulijärjestelmän luominen voi jälkeensä vapauttaa tuotekehityksestä työntekijöitä muihin projekteihin. Tämä aihe kohdistuu resurssien käyttöön ja toisissa työtehtävissä saavuttavaan mahdolliseen tuottoon.
4. **Dokumentoinnin vaikutus.** Tuoteperheen dokumentointi voi helpottaa myynnin toimintaa heidän esitellessään asiakkaille mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja. Lisäksi työtapojen ja toimenpiteiden dokumentointi voi helpottaa tuotteen valmistuksessa.

5. **Vakio-osien määrittäminen.** Kirjallisuuskatsauksen mukaan vakio-osat ovat halvempia kuin muuttuvat osat. Tutkimuksessa on myös esitetty niiden saatavuuden olevan parempi. Joidenkin osien mahdollinen vakioiminen voi vaikuttaa tuotteen hinnan laskuna ja tuotteen läpäisyajan nousuna.
6. **Moduulien luominen.** Paljonko ovat moduulien ja rajapintojen suunnittelusta syntyvät kustannus- ja tuottoarviot?
7. **Kuljetuskustannukset.** Laitteiden arkkitehtuurilla ja jakologiikalla voidaan vaikuttaa siihen, miten laitteet pakataan ja kuljetetaan asiakkaalle. Tämä voi vaikuttaa kuljetukseen käytettäviin kuluihin.
8. **Uudelleenkäytettävyys.** Tällä kysymyksellä tarkoitetaan mahdollista Design by Reusea. Tällöin voidaan käyttää hyväksi vanhojen versioiden osia uuden tyyppisen pinonpurkajan luomisessa. On myös mahdollista, että tuoteperheen laitteet jossain elämänvaiheessaan vikaantuvat niin, että niitä ei pystytä korjaamaan. Tällöin on mahdollista vaihtaa viallinen moduuli toiseen nopeasti.

Vastaukset ovat yrityksen antamia arvioita mahdollisista kuluista tai tuotoista eri osa-alueilla. Arviot on annettu perustuen tiettyyn määrään myytyjä järjestelmiä vuodessa. Nämä tiedot ilmenevät taulukosta, joka on esitetty liitteessä 11.

5.8 Liiketoiminnan vaikutusanalyysin tulokset

Tämä kappale tarkastelee liitteessä 11 esiteltyjä yrityksen arvioimia lukuja, jotka on arvioitu liiketoiminnan analyysin aiheiden vaikutusten mukaan. Lisäksi luvut on annettu vuodessa myytävien automaatiojärjestelmien määrän mukaan.

Moduulijärjestelmän luomisesta yritys arvioi kehittyvän kustannuksia noin 1 320 euroa. Ajallisesti sen arvioitiin olevan yhden viikon työ. Moduulijärjestelmää ei tarkasteltu enempää.

Tuotekehityksen panostuksen arvoitiin olevan kolmen kuukauden urakka, josta kuitenkin myönnettiin sen olevan pääosin kertaluonteinen. Tulevaisuuden ylläpitokustannukset otettiin huomioon näissä kustannuksissa. Niiden määräksi arvioitiin noin kymmenen päivää vuosittain. Yhteensä tuotekehityksen työn arvioitiin kustantavan 15 840 euroa. Heidän tekemän työn arveltiin myös vaikuttavan laadullisesti niin kutsutun takuutyön vähenemisenä, josta kehkeytyi 1 320 euroa tuottoa.

Tuotekehityksen työntekijät siirtyvät toisiin tehtäviin, kun tuoteperhe on luotu. Yrityksen mukaan tuolloin voidaan teettää lisää lyhyitä projekteja. Resursseihin on arvioitu 5 280 euron tuotto projektien nopeamman läpiviennin kautta.

Dokumentoinnin vaikutukset ulottuivat monelle alueelle. Yritys esitti kulujen summan koostuvan kertaluonteisesta dokumentoinnin parantamis- ja luomisprosessista. Sen suuruus oli 3 960 euroa. Tämän jälkeen dokumentoinnin ylläpitoon arvioitiin myöhemmin kuluva kaksipäivä vuodessa. Se on sisällytetty kuluihin. Tuoton näkökulmasta annettiin positiivinen näkemys, että pinonpurkajia myytäisiin mahdollisesti kaksi kappaletta enemmän vuodessa. Dokumentoinnin hyödyt tuottavat yritykselle siis kaksitoista tuhatta euroa voittoa. Dokumentoinnilla arvioitiin olevan vaikutusta myös laatuun ja tuotteen valmistusaikaan. Laadun summa (1 320 euroa) koostuu takuutyön vähenemisestä, ja ajallisesti tuottoa syntyy kokoonpanotyön nopeutuessa noin neljällä tunnilla per purkaja. Ajallinen vaikutus on siis 1 920 euroa voittoa.

Vakio-osien määrittämisestä ja tuoteperheen luomisprosessista arvioitiin myös olevan hyötyä. Ajallisesti arvioitiin odotusaikojen vähenevän, koska tietyt osat olisivat aina saatavissa. Vakio-osien määrittämisellä saavutetaan siis 1 200 euroa säästöä. Varasto-osien peruskuluista ja mahdollisesta määrittämisestä kumuloitui kuluja 528 euroa. Toisaalta määritettyjen vakio-osien halvempi hinta vaikutti positiivisesti tuotteesta saatavaan voittoon. Tuoton arvioitiin olevan noin viisi tuhatta euroa. Arvio oli annettu summana jokaisesta vuodesta myytävästä pinonpurkajasta, joiden määrä on arviolta kuusitoista kappaletta. Vakiokomponenttien vaikutus olisi siis 300 euroa tuotettua pinonpurkajaa kohti.

Moduulien luomisesta annettiin sama arvio kuin moduulijärjestelmän luomiseen kuluva rahamäärästä. Arvio oli noin viikon työstä muodostuva kulu. Moduulien luominen kuuluu moduulijärjestelmän luomisprosessiin. Järjestelmässä on kuitenkin otettu huomioon myös muut neljä modulaarisuuden osaa. Jää pohdittavaksi koostuvatko nämä kaksi lukua erillisistä operaatioista, vai ovatko ne sama kustannus.

Tuoteperheen ja moduulijärjestelmän luomisen ei uskottu vaikuttavan positiivisesti kuljetuskustannuksiin. Yrityksen tapana on lähettää kaikki oheislaitteet valmiina kohteeseen. Täten asennustyön määrä asiakkaan tiloissa jää vähäisemmäksi ja se on siten myös nopeampaa. Tuotteen jakoa pienempiin osiin ja niiden kuljetuksesta koituvia mahdollisia vaikutuksia ei lähdetty arvioimaan, koska nykyinen toimintatapa on todettu toimivaksi.

Moduulien kierrätyksestä seuraisi oletusten mukaan laadullisia ja resursseihin vaikuttavia positiivisia vaikutuksia. Arviona oli, että joitakin moduulijärjestelmän osia voitaisiin käyttää hyväksi tulevaisuuden tuotteissa ja muissa oheislaitteissa. Laadun ja resurssien yhteisvaikutuksen arvioitiin olevan kuusi tuhatta euroa tuottoa.

Lopputuloksena tuoteperheen luomisesta voi potentiaalisesti kehkeytyä noin 33:n tuhannen euron kokonaistuotto jo ensimmäisenä vuonna. Se vaatii kuitenkin arviolta vajaa 23:n tuhannen euron panostuksen. Ensimmäisen vuoden tulot olisivat siis noin kymmenen tuhatta euroa. Ensimmäisen vuoden jälkeen moduulijärjestelmän hyödyt myös kasvaisivat, koska alkupanostus on jo tehty. ”*Kulut ovat pääosin kertaluonteisia, mutta hyödyt jäävät myös tuleville vuosille*” (Anttonen J.).

6. TULOKSET

Tähän kappaleeseen on kerätty huomiot ja tulokset, jotka ovat muodostuneet tämän työn aikana. Kappaleessa esitellään Brownfield-prosessin tulokset koskien pinonpurkajan tuotteistamista. Alustavina tavoitteina oli vastata kysymykseen kannattaako tuote tuoteistaa. Työssä tarkasteltiin myös, mitä tuotteita voisi ottaa mukaan tuotteistusprosessiin. Lisäksi yritystä kiinnosti, paljonko heidän tulee panostaa tuotteistamiseen ja paljonko se mahdollisesti luo arvoa.

Yrityksen sisällä oli pohdittu myös ohjauksen sulauttamista laitteeseen. Aiheeseen pyritään vastaamaan haastattelujen ja kirjallisuuden kautta luodun analyysin perusteella.

6.1 Brownfield-prosessin tulokset

Brownfield-prosessin tuloksena luotiin tuoteperhe, joka tässä vaiheessa sisältäisi vaihtoehtoiset pinonpurkajat pienemmille henkilöauton - ja isommille kuorma-auton renkaille. Tässä tapauksessa tuotteen leveys olisi muuttuva tekijä ja siihen pystyttäisiin vastaamaan suunnittelemalla uudelleen tuotteen osia, joihin leveys vaikuttaa. Luomalla vaihtoehtoiset osat eri levyisille laitteille, luodaan konfiguroitavuutta laitteessa.

6.1.1 Tuotteistettavat laitteet

Elementtijaon aikana ilmeni, että samankaltaisen rungon omaavia laitteita voisi lisätä tuoteperheeseen. Kuvan 8 esittämien eri mallin pinonpurkajien rungon rakenne on samanlainen. Mekaanisesti laitteissa olisi erona puristusvarren runko. Tutkimus väittää, että olisi kannattavaa lisätä myös hitaamman mallin pinonpurkaja tuoteperheen jäseneksi. Vaihtoehdot lisääntyisivät, kun myös tuotteen nopeus olisi valittava ominaisuus. Hidas malli toimii ohjauksen puolesta eri tavalla. Siihen ei kuitenkaan tarvitse tehdä muutoksia, koska yritys on jo tuottanut sen sisältämän ohjelman.

Tutkimuksen aikana todettiin myös, että spottaus-laite omaa samankaltaisen rungon kuin pinonpurkajilla on. Ehdotetaan, että myös tämä oheislaitte sisällytettäisiin tuoteperheeseen. Laitte esitetty kuvassa 14, josta näkee, että sen rungon rakenne on yhteneväinen pinonpurkajien rungon kanssa. Tuloksena tuoteperheen kaikilla jäsenillä voisi olla samantyyppinen runkorakenne, jonka muuttujana olisi sen leveys. Perusrunkoon asennettaisiin vain mahdolliset eri kehikot ja puristinrungot tarpeiden mukaan. Laitteiden rungon pysyessä samana, muuttuu laite siihen valittavan raamin mukaan joko spotting-laitteeksi tai pinonpurkajaksi. Pinonpurkajan suhteen mallin valinta mahdollistetaan käytettävien sivupuristimien valinnalla.

Edellä on esitetty tulokset koskien laitteita, joiden tuotteistamista yritys voisi harkita lisäämällä ne tuoteperheeseen. Se sisältäisi saman runkorakenteen omaavia laitteita, joihin asennettaisiin erilaisia nostoraameja ja puristimia tarpeen mukaan. Lisäksi leveyden hallinta olisi suoritettu mittamodulaarisuutta hyväksi käyttäen.

Pystyjohteiden pituus muuttui asiakkaan tarpeiden mukaan. Tätä varten voidaan luoda eri pituisia pystyjohteita eri rengaskokoja käsitteleville linjastoille. Mahdolliset linjastot olivat henkilö- ja kuorma-autojen renkaille, joten tiedon kerääminen eniten käytetyistä pystyjohteiden pituuksista on mahdollista.

Ohjauksen puolesta järjestelmäohjauksen on edelleen oltava mukana laitteen toiminnan takaamiseksi. Pinonpurkajan omassa toiminnassa ei tapahdu suuria muutoksia. Ohjelmiin muodostuu muuntelua, kun tuoteperheen eri leveyden omaavat laitteet käsittelevät eri kokoisia renkaita. Niiden puristusliikkeen pituutta, sekä mahdollisia muita liikkeitä ja voimia pitää ohjata eri tavalla. Eri konfiguraatioilla voi olla ohjelmallisia eroavaisuuksia.

6.1.2 Prosessiin panostus ja sen tuotto

Brownfield-prosessin viimeisessä askeleessa luotu liiketoiminnan vaikutusanalyysi toi ilmi, että tuoteperheen luominen tuo yritykselle voittoa. Suurimpien tuottojen arvioitiin syntyneen dokumentoinnin parantamisella ja vakio-osien määrittämisellä. Niihin panostetun pääoman määrä ei kuitenkaan ollut suurin erä, joka luomisprosessissa tulisi tehdä. Tuotekehitysryhmän työmäärän arvioitiin olevan noin kolme kuukautta, josta noin 15 päivää kuluisi dokumentoinnin parantamiseen.

Kun alustava kertaluonteinen työ on tehty, jäljelle jää tietojen päivitys ja ylläpitäminen. Näiden määräksi yritys arvioi dokumentoinnin suhteen kuluvan kaksi päivää vuodessa. Tuotekehitysryhmän ylläpitotyöt moduulijärjestelmän suhteen saivat suuremman arvion tulevien vuosien työmäärästä. Sen arvioitiin olevan 10 päivää vuosittain.

Ensimmäisenä vuonna panostettu summa oli noin 23 tuhatta euroa. Tämän alkupanostuksen jälkeen jäisi vain ylläpitokustannuksia, joka laskee tulevien vuosien kuluja edellä mainitusta summasta. Prosessin lopputuloksena potentiaalinen tuotto olisi liitteen 11 mukaan lähes 11 tuhatta euroa. Tämän perusteella yritys tekisi jo ensimmäisenä vuonna voittoa. Tuoteperheen hyödyt jäävät myös tuleville vuosille, jolloin tuoton suhteellinen määrä kuluihin nähden kasvaa.

Liiketoiminnan vaikutusanalyysi vastasi alustaviin tavoitteisiin tuotteistamisen kannattavuudesta. Tulosten avulla pystyttiin arvioimaan tuotteistamiseen panostettava alkupääoma ja paljonko sen ylläpitäminen vaatisi. Lisäksi realisoitiin tuotteistamisesta koituvat hyödyt ja niiden tulos oli positiivinen. Näiden tulosten mukaan pinonpurkaja kannattaisi tuotteistaa käyttäen Brownfield-prosessia.

6.2 Ohjauksen sulauttaminen

Cimcorp Oy on pohtinut tuotteensa ohjauksen sulauttamista. Yrityksen toimintastrategia on todettu tässä työssä yhdeksi esteeksi sille. Yritys ei tee työn kohteena olevia oheislaitteita päätoimituskokonaisuutenaan. Minimitoimitus on käytännössä ollut yksi tai useampi robottisolu. Yleensä asiakas haluaa koko automaatiojärjestelmän, johon oheislaitteet lisätään Cimcorpin toimesta. Oheislaitteiden määrä on tilauskohtainen ja sijainti järjestelmässä asiakkaan tarpeiden mukainen.

Kappaleen 2.1 mukaan tuotteistamisella luodaan tuote, joka voidaan myydä sellaisenaan asiakkaalle. Ohjauksen sulauttamisella pyritäisiin juuri tähän pisteeseen, mutta Cimcorp ei myy oheislaitteitaan yksittäin asiakkaille. Toimitettaessa koko automaatiojärjestelmää, kuuluvat siihen portaalirobottisolujen lisäksi myös kuljettimet ja oheislaitteet. Yksittäisiä oheislaitteita ei myydä, ellei niitä toimiteta varaosiksi asiakkaalle. Tällöin asiakas on jo aiemmin tehnyt laajemman tilauksen. Oheislaitteet ovat osa suurempaa järjestelmää. Se laskee pinonpurkajien arvon määrää kokonaisuutta ajatellen.

Mikäli yritys tahtoo panostaa pinonpurkajan ohjauksen sulauttamiseen, sen tulee muuttaa sen toimintoja ja ohjauslaitteita. Jos pinonpurkajan ohjaus on eristetty kuljettimien ohjauksesta, pitää kuljettimien ohjaus ja pinojen seuranta suorittaa toisella tavalla. Lisäksi pitää mahdollistaa tiedonvaihto pinonpurkajan välittömässä läheisyydessä olevien kuljettimien kanssa ruuhkien estämiseksi. WCS:n pitää myös kyetä seuraamaan laitteen toimintaa. Nykyisessä järjestelyssä WCS toimittaa laitteelle rengaspinojen tyyppitiedot. Tämä tieto pitää välittää pinonpurkajalle jollakin tavalla, vaikka sen ohjaus olisikin sulautettu.

Päätös ohjauksen sulauttamiseen panostamisesta luovutetaan Cimcorpin henkilökunnalle. Sulauttamisella on tuotteistamista edistävä vaikutus ja sen toteuttamiseksi yrityksen sisällä on tiedon puolesta hyvät lähtökohdat. Pelkkien servojen sulautusprosessi voi silti olla kokonaisuuden kannalta liian vähän. Yrityksen nykyinen toimintatapa on toimiva ja sitä on käytetty aiemmissa projekteissa, joten osaamisen taso tämän tyyppisten järjestelmien osalta on jo korkealla tasolla. Ohjauksen sulauttamisella ei välttämättä ole suurta vaikutusta yrityksen toimituskokonaisuuteen niin kauan, kuin myynti koostuu kokonaisista automaatiojärjestelmistä.

6.3 Muuta huomioitavaa

Työn aikana ilmeni, että yrityksellä ei ole dokumentaatiota oheislaitteistaan. Tämä on ristiriidassa tuotteistamiskappaleen kanssa. Kirjallisuuden mukaan parantunut dokumentaatio mahdollistaa dokumenttien lähetyksen suoraan asiakkaalle, tarjoten hänelle parempaa ja helpommin käsiteltävää tietoa tuotteesta. Tällöin asiakas saa tutkia tuotetta rauhassa tehdessään ostopäätöstä. Parhimmillaan asiakas voi esitellä saamaansa tietopakettia myös työtovereilleen.

Dokumentaatiota ajatellen projektikohtaisten muutosten hallinta on haasteellista. Laitetta dokumentoidessa tulisi olla selvillä kaikki mahdolliset konfiguraatiomahdollisuudet. Laitteen tuotteistamisessa on otettava huomioon tahtooko yritys tuottaa erilaisia konfiguraatioita asiakkaan tarpeiden mukaisesti, vai tuottaa vakioratkaisun, joka sopii jokaiseen projektiin. Variaatiot vaikuttavat tuotteen dokumentointiin lisätyönä. Samalla on luotava jokaiselle konfiguraatiolle omat valmistusohjeet. Tämä on panostus, jota varten pitää sitouttaa ihmisiä muista toiminnoista, mutta jolla on paljon positiivisia vaikutuksia. Liitteessä 11 nähtävän liiketoiminnan vaikutusanalyysin mukaan suurin hyöty saatiin aikaan dokumentoinnin parantamisella. Tämä tutkimus väittää, että dokumentaation parantaminen on minimipanostus, johon Cimcorpin tulisi panostaa, vaikka se ei loisiakaan Brownfield-prosessin mukaista tuoteperhettä. Tällä kappaleella on pyritty tarkentamaan vastausta tuotteistamisen panostamisen suhteen.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Brownfield-prosessia hyväksi käyttäen luotiin tuoteperhe, joka vastasi asiakkaan tarpeisiin. Tarkasteltaessa asiakkaan prosesseja todettiin, että rengasteollisuudessa tuotetaan yleensä joko henkilöauton- tai kuorma-auton renkaita. Analysoimalla asiakkaan prosesseja saatiin selville asiakkaan tarpeet, jotka vaikuttivat pinonpurkajan leveyteen, korkeuteen ja keskitysmekanismin valintaan. Elementtijaon tuloksissa esitettiin sellaisen osien suunnittelua räätälöitäviksi, joihin laitteen leveys vaikuttaa. Tuoteperheen laajentamisen puolesta pohdittiin myös hitaamman mallin pinonpurkajan lisäämistä valittavaksi kokoonpanoksi. Tämä oli perusteltu rungon samankaltaisuutena ja puristusvarien muuttumisena mekaanisen rakenteen saralta, jolloin tuoteperhe ja sen konfiguraatiovaihtoehtojen määrä kasvaisivat. Lisää räätälöitävyyttä luotaisiin lisäämällä spotting-laite tuoteperheeseen. Kyseisellä laitteella on samanlainen rungon rakenne, jolloin muunneltavana osana olisi sen nostoraamin kehikko toimilaitteineen.

Brownfield-prosessin lopussa tehdyn liiketoiminnan vaikutusanalyysin tulokset olivat positiiviset. Niiden avulla pystyttiin määrittämään paljonko tuotteen tuotteistamiseen kuluisi alkupääomaa, paljonko olisi sen ylläpitokustannukset ja paljonko tämä prosessi lopulta tuottaisi voittoa. Lopputulos oli, että tuoteperhe tuottaa voittoa jo ensimmäisenä vuonna. Tämän jälkeen panostettavan osan määrä laskee, nostaen voiton osuutta.

Pinonpurkajan ohjaus on nykyisin kuljetinohjauksen alaisena. Tutkimus ei tuonut ilmi syitä, jotka tässä tapauksessa tuottaisivat arvoa järjestelmässä, mikäli laite olisi itsenäinen. Yrityksellä on jo toimiva ratkaisu, jossa pinonpurkajalla on informaatorajapinnat muiden laitteiden kanssa. Yritys ei pyri myymään pelkkiä pinonpurkajia, vaan kokonaisia automaatiojärjestelmiä. Yritys toimittaa jokaisessa projektissa koko automaatiojärjestelmän, joten olisi kummallista, että se tahtoisu tuottaa itsenäisiä oheislaitteita. Kirjallisuuskatsauksen mukaan tuotteistamisella pyritään luomaan tuote, joka voidaan myydä sellaisenaan asiakkaalle. Ohjauksen sulautus vaatisi myös muutoksia nykyisissä ohjainlaitteissa, joihin tässä työssä ei oteta kantaa. Ohjauksen sulauttamisen ei epäillä tuottavan positiivista vaikutusta, mutta päätös sen suorittamisesta jätetään yritykselle.

Kirjallisuuskatsauksessa painotettiin dokumentaation olemassaoloa ja sen hyötyjä. Tässä työssä kehotetaan parantamaan pinonpurkajan dokumentaation tasoa, vaikka yritys ei haluaisikaan jatkaa tuotteistamisprosessia pidemmälle.

LÄHTEET

Airila M. 2004, Mekatroniikka, 7. painos, Espoo : Otatieto, 405 s.

Ala-Mutka K. et al. 1996-2002, Tietotekniikan peruskurssi, etäopetus, kappale 19.2, OSI-Malli, luettavissa: <http://www.cs.tut.fi/etaopetus/titepk/luku19/OSI.html>, viitattu: 14.9.2015.

Bosch Rexroth AG, 2006, Rexroth IndraDyn S MSK Synchronous Motor, luettavissa: https://www.boschrexroth.com/country_units/america/united_states/sub_websites/brus_dcc/documentation_downloads/ProductDocumentation/CurrentProducts/Motors/IndraDyn_S/29628905IndraDynSprojectV05.pdf, viitattu 5.6.2015, 194s.

Bouchard S. 17.8.2014, What Are The Differences Between Ethernet and Ethernet/IP? © 2014 Robotiq, luettavissa: <http://blog.robotiq.com/bid/40793/What-Are-The-Differences-Between-Ethernet-and-Ethernet-IP>, viitattu: 14.9.2015.

Broy M. Slotosch O. 27.9.2001, Embedded Software, From Requirements to Validated Embedded Systems, luettavissa: http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45449-7_5, viitattu 2.12.2015.

D232629, Spesifikaatio, Cimcorp 2105, Sekvenssikaaviot, 3 s.

D233549, Kuvaus, Cimcorp 2013, Interface Specification, 9 s.

D251020, Spesifikaatio, Cimcorp 2015, Cimcorp Conveyor Interfaces, 26 s.

D253701, Spesifikaatio, Cimcorp 2014, Motorlist, 6 s.

Dhillon B. S. 1999, Engineering Maintainability :: How to Design for Reliability and Easy Maintenance, Gulf Professional Publishing, 254 s.

Eitel E. 7.5.2014, Basics of rotary encoders: Overview and new technologies, www.machinedesign.com, luettavissa: <http://machinedesign.com/sensors/basics-rotary-encoders-overview-and-new-technologies-0>, viitattu 31.8.2015.

Fonselius J. et al. Koneautomaatio. Servotekniikka, Oy Edita Ab, Helsinki 1998, 194 s.

Harsia P. 7.12.2005, IP-luokitus, luettavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1133959973706/1133960605288/1133961558641/1133961579677.html>, viitattu: 16.9.2015.

Helander M. & Nagamachi M. 1991, Design for manufacturability, Taylor & Francis Ltd. 409s.

Huhtala P. & Pulkkinen A. 2009, Tuotettavuuden kehittäminen - Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Esa Print Oy, Tampere, 2009, 431 s.

Humantec, 2015, Modulaariset mallit, luettavissa:
http://www.arksuominen.com/mass.a/research/modularization_massa.pdf, viitattu 16.12.2015.

Hätä-seis kotelo, 2015, Taloon.com, luettavissa: <http://www.taloon.com/hata-seis-kotelo-xalk178e-1s-1a-40mm-varmennettu/S-2321565/dp?openGroup=267>, viitattu 24.7.2015.

Jokinen T. 1987, Tuotekehitys, Otatieto Oy, Helsinki, 200 s.

Järviö J. et al. Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10, KP-Media Oy, 283s.

Keinänen T. et al. Automaatiojärjestelmien Logiikat ja Ohjaustekniikat, WSOYpro Oy 2009, 306 s.

Kiiras J. 2001, Pienryhmärakennettujen pientalojen tuotteistus, Diplomityö, Otamedia, 42 s.

Konedirektiivi, 17.5.2006, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, luettavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML>, viitattu 17.8.2015.

Ledtek, 2009, IP-luokitukset, luettavissa:
http://www.ledtek.fi/Verkkokauppa/info_pages.php?pages_id=14, viitattu: 16.9.2015.

Lehtonen T. 2007, Designing Modular Product Architecture in the New Product Development, väitöstyö, ISBN 978-952-15-1924-6 (PDF), 229 s.

Lehtonen T. 2013, Moduloinnin kurssi TTE-3140, luentokalvot.

Meicheng C. et al. 6-10.11.2005, Implementation of fully integrated automation with Profibus, IEEE, ISBN: 0-7803-9252-3, luettavissa:
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=1568940&newsearch=true&queryText=profibus>, viitattu 7.12.2015.

Microsoft, Data Type Ranges, Microsoft 2015, luettavissa:
<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/s3f49ktz.aspx>, viitattu 23.6.2015.

National Instruments, 9.12.2014, Fundamentals of motion control, © 2015 National Instruments Corporation, luettavissa: <http://www.ni.com/white-paper/3367/en/>, viitattu: 1.9.2015.

ODVA, inc. 2015, Ethernet/IP, luettavissa: <http://www.odva.org/Technology-Standards/EtherNet-IP/Overview>, viitattu 4.11.2015.

Olsson G. 2005, Handbook of Networked and Embedded Control Systems, Programmable Logic Controllers, Birkhäuser Boston, ISBN: 978-0-8176-3239-7, luettavissa: http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-8176-4404-0_11, viitattu 3.12.2015.

Pakkanen J. Brownfield Process, A method for the Rationalisation of Existing Product Variety towards a Modular Product Family, Tampereen teknillinen yliopisto 2015, julkaisu 1299, Juveness Print TTY, ISBN 978-952-15-3524-6.

Parantainen J. Rakenna palvelusta tuote 10 päivässä, Tuotteistaminen, Talentum media Oy, Helsinki 2007.

Poli C. 2001, Design for Manufacturing: A Structured Approach, Butterworth-Heinemann, 375 s.

Reynders D. et al. 2004, Practical Industrial Data Communications, Best Practical Techniques, ISBN: 978-0-7506-6395-3, Elsevier, IDC Technologies 2005.

Riitahuhta A. & Pulkkinen, A. 2001, Design for configuration, A debate based on the 5th WDK workshop on product structuring, Springer, 222 s.

Rotary encoder, 2.2.2010, luettavissa: http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder, viitattu: 9.10.2015.

Sipilä J. 1999, Asiantuntijapalveluiden tuotteistaminen, Porvoo, WSOY, 151 s.

Spurgeon C. E., Ethernet, Tehokäyttäjän opas, Talentum Media Oy 2001, 531 s.

Tracepartsonline.net, 2015, Kuljetinmatto, luettavissa: <http://www.tracepartsonline.net> hakusanalla Transverse rollet top, viitattu 13.7.2015.

Turvakytkin, 2015, Taloon.com, luettavissa: <http://www.taloon.com/turvakytkin-katkokum325u/S-3600468/dp?openGroup=267>, viitattu 24.7.2015.

Ulrich K. T. & Eppinger S. T. 2008, Product Design and Development, fourth edition. McGraw-Hill, 368 s.

Virtuaali AMK, 2015, Sulautetut järjestelmät, luettavissa: http://www2.amk.fi/mater/tietotekniikka/sulautetut_jarj/files/AVR/materiaali_johdanto.html, viitattu: 3.12.2015.

Younkin G. W. Industrial Servo Control Systems, Fundamentals and Applications, Revised And Expanded, CRC Press 2002 Print ISBN: 978-0-8247-0836-8.

HAASTATTELUT

Esa Varjus, ohjausjärjestelmäasiantuntija, robottiohjain, Cimcorp (26.5.2015)

Jani Tuomola, tuotepäällikkö, monorail transfer, Cimcorp (26.5.2015)

Jarmo Eskola, suunnitteluosaston vetäjä, sähkö- ja mekaniikkasuunnittelu, Cimcorp (27.5.2015)

Jyrki Anttonen, Cimcorp (26.5.2015)

Marjo Latva, tuotepäällikkö, WCS, Cimcorp (27.5.2015)

Tapio Kaartinen, tuotepäällikkö, kuljettimet, Cimcorp (27.5.2015)

Timo Rajakangas, System Planning –päällikkö, Cimcorp (14.10.2015)

LIITE 1, BOSCH REXROTH:N SERVOMOOTTORI MANUAALI

6.2 Size MSK030

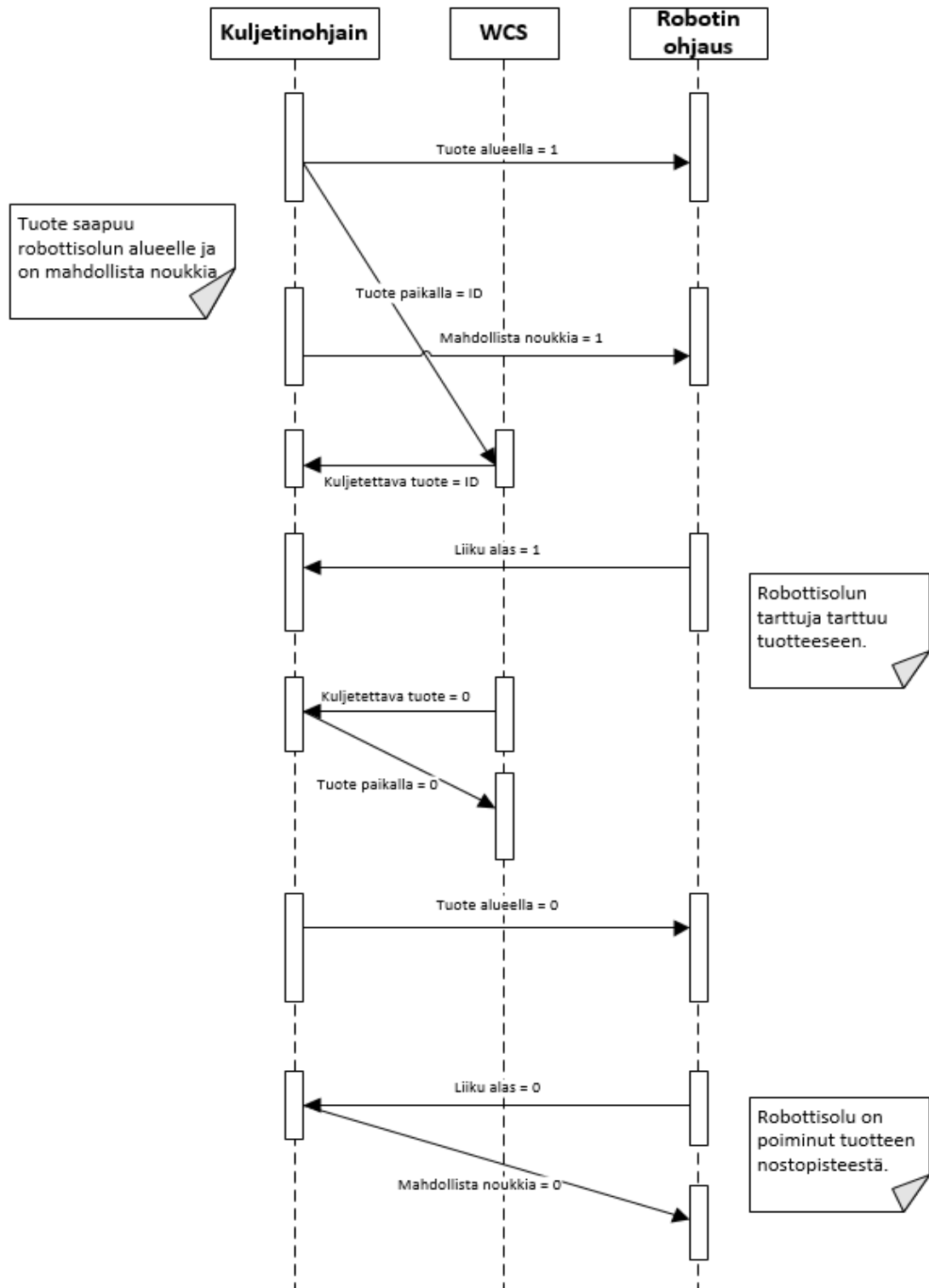
[illegible]

Fig. 6-17: Type Codes MSK030 (page 1)

LIITE 2, IP-LUOKITUS

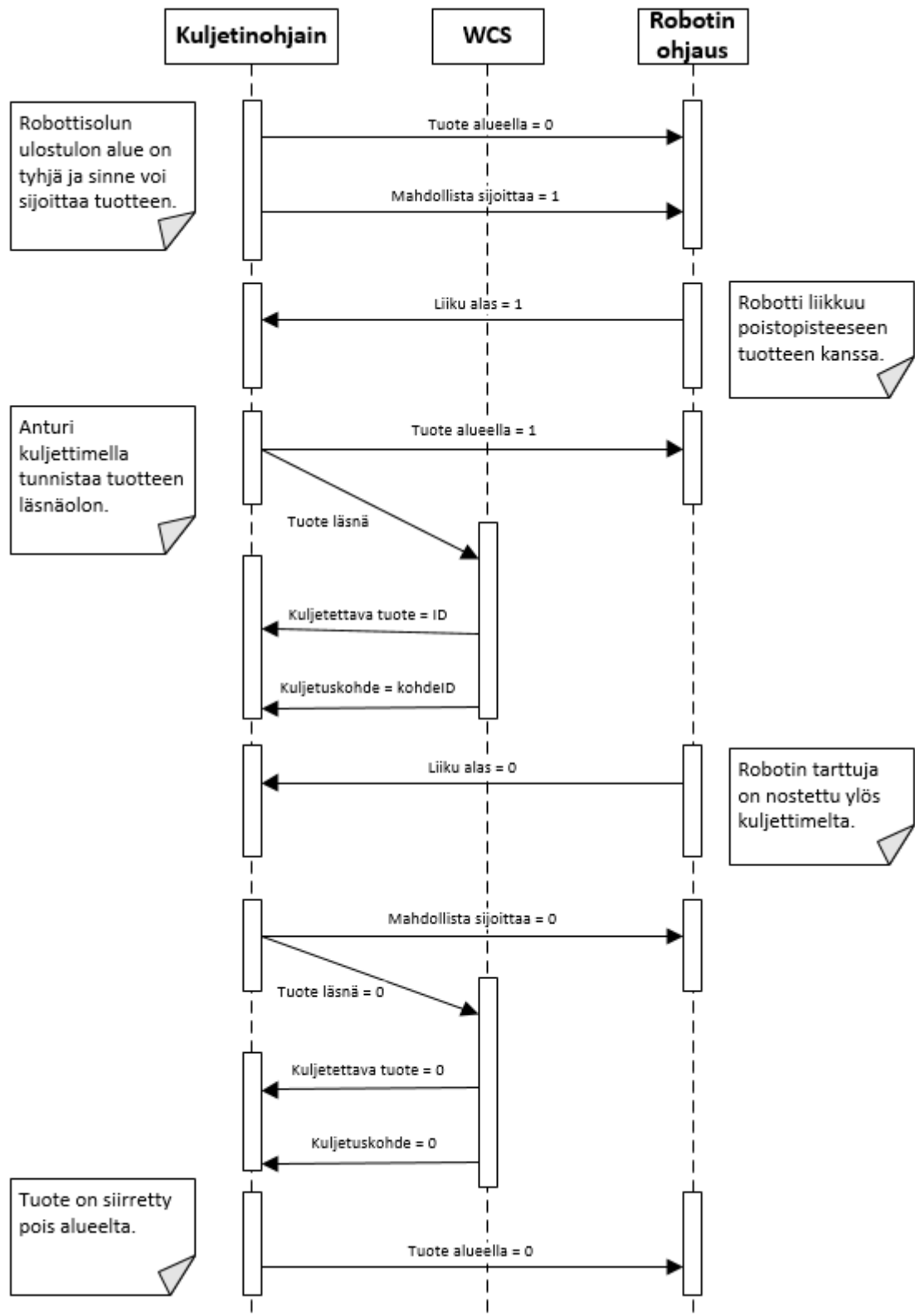
IP-Luokitus	
Luku	Ensimmäinen numero
0	Ei suojausta
1	Suojattu suuria kappaleita vastaan, kappaleen halkaisija $\geq 50\text{mm}$
2	Suojattu kun kappaleen halkaisija $\geq 12,5\text{ mm}$
3	Suojattu kun kappaleen halkaisija $\geq 2,5\text{ mm}$
4	Suojattu kun kappaleen halkaisija $\geq 1\text{ mm}$
5	Suojattu pölyltä
6	Täysin pölytiivis
	Toinen Numero
0	Ei suojausta vettä vastaan
1	Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä
2	Suojattu yläpuolelta ja ± 15 asteen kulmasta tippuvalta vedeltä
3	suojattu yläpuolelta ja ± 60 asteen kulmasta tippuvalta vedeltä
4	Suojattu roiskuvalta vedeltä
5	Suojattu joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta
6	Suojattu joka suunnasta tulevalta voimakkaalta vesisuihkulta
7	Kestää hetkellisen upotuksen veteen
8	Kestää pysyvän upotuksen

LIITE 3, NOSTO-OPERAATION SEKVENSIIKAAVIO



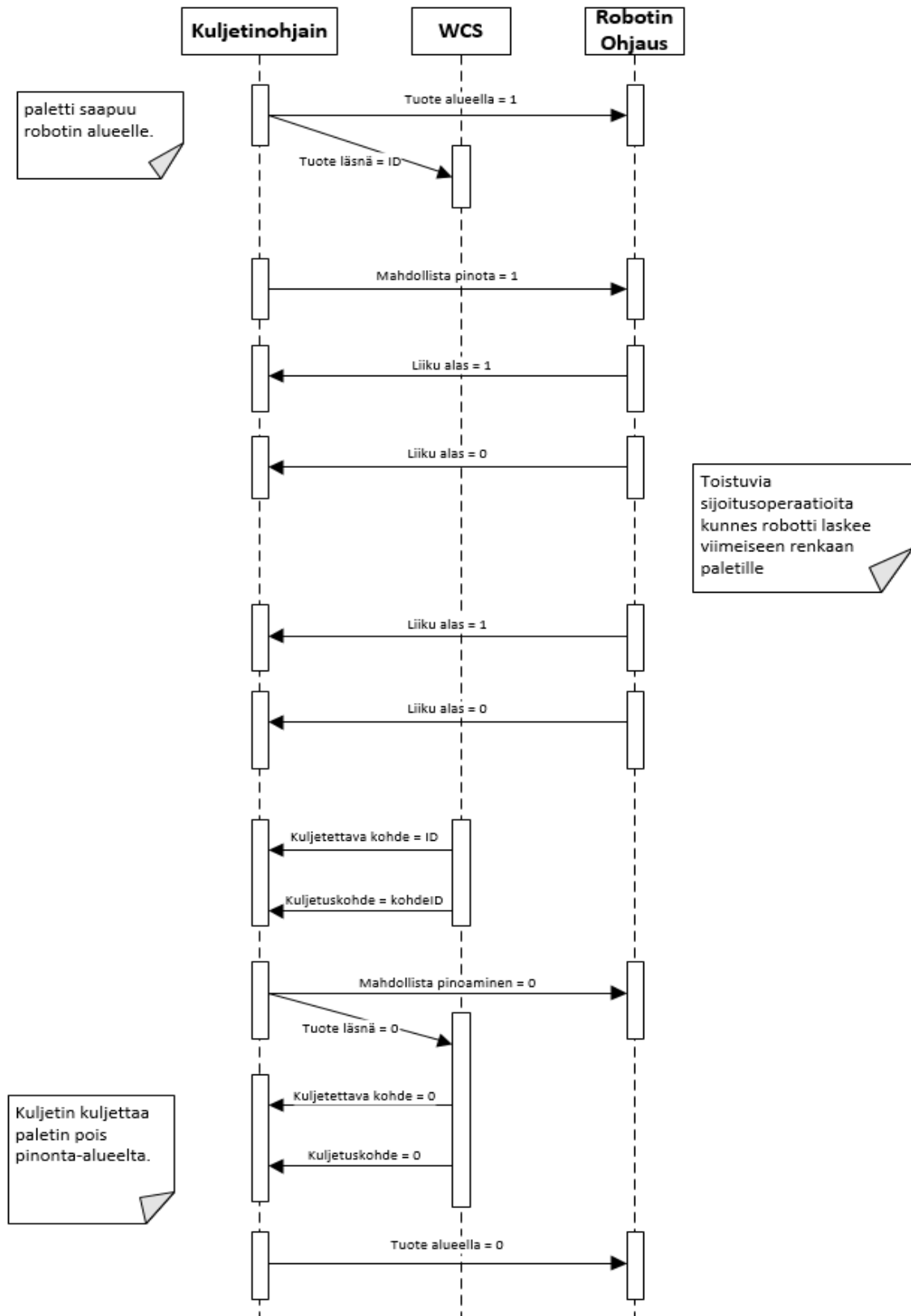
Nosto-operaatio sekvenssi (Muokattu spesifikaatio D251020).

LIITE 4, LASKUOPERAATION SEKVENSIIKAAVIO



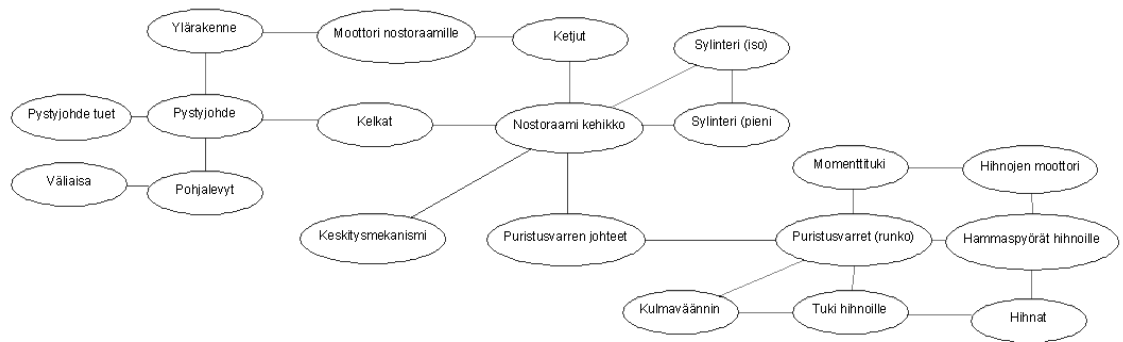
laskusekvenssi(Muokattu spesifikaatio D251020).

LIITE 5, PINON KASAAMISEN SEKVENSIIKAAVIO



(Muokattu spesifikaatio D251020).

LIITE 7, ALUSTAVA ELEMENTTIJAKO



LIITE 8, ALUSTAVA K-MATRIISI

(1) Asiakas tarvitsee osan. (2) Asiakas ei tarvitse osaa. (3) Asiakkaan tarve voi vaikuttaa osaan. (4) Asiakkaan tarve ei vaikuta osaan.	Asiakastarpeet	Laitteen korkeus	Renkaiden koko	Pinon keskitys
Geneeriset elementit				
Nostoraamin kelkat		1	1	1
Nostoraamin kehikko		1	3	1
Puristusvarsi runko		1	1	1
Puristus-sylinteri (iso)		1	3	1
Puristus-sylinteri (pieni)		1	1	1
Puristusvarsi johteet		1	3	1
Keskitysmekanismi		1	1	3
Moottori hihnoille		1	1	1
Momenttituki		1	1	1
Tuki hihnoille		1	1	1
Hihnat		1	1	1
Hammaspyörät hihnoille		1	1	1
Kulmaväänninruuvit		1	1	1
Pohjalevyt		1	1	1
Väliaisa		1	1	1
Pystyjohde		3	1	1
Pystyjohdetuet		1	1	1
Ylärakenne rungolle		1	1	1
Nostoraamin moottori		1	1	1
Ketjut		1	1	1

LIITE 9, TÄYTETTY K-MATRIISI

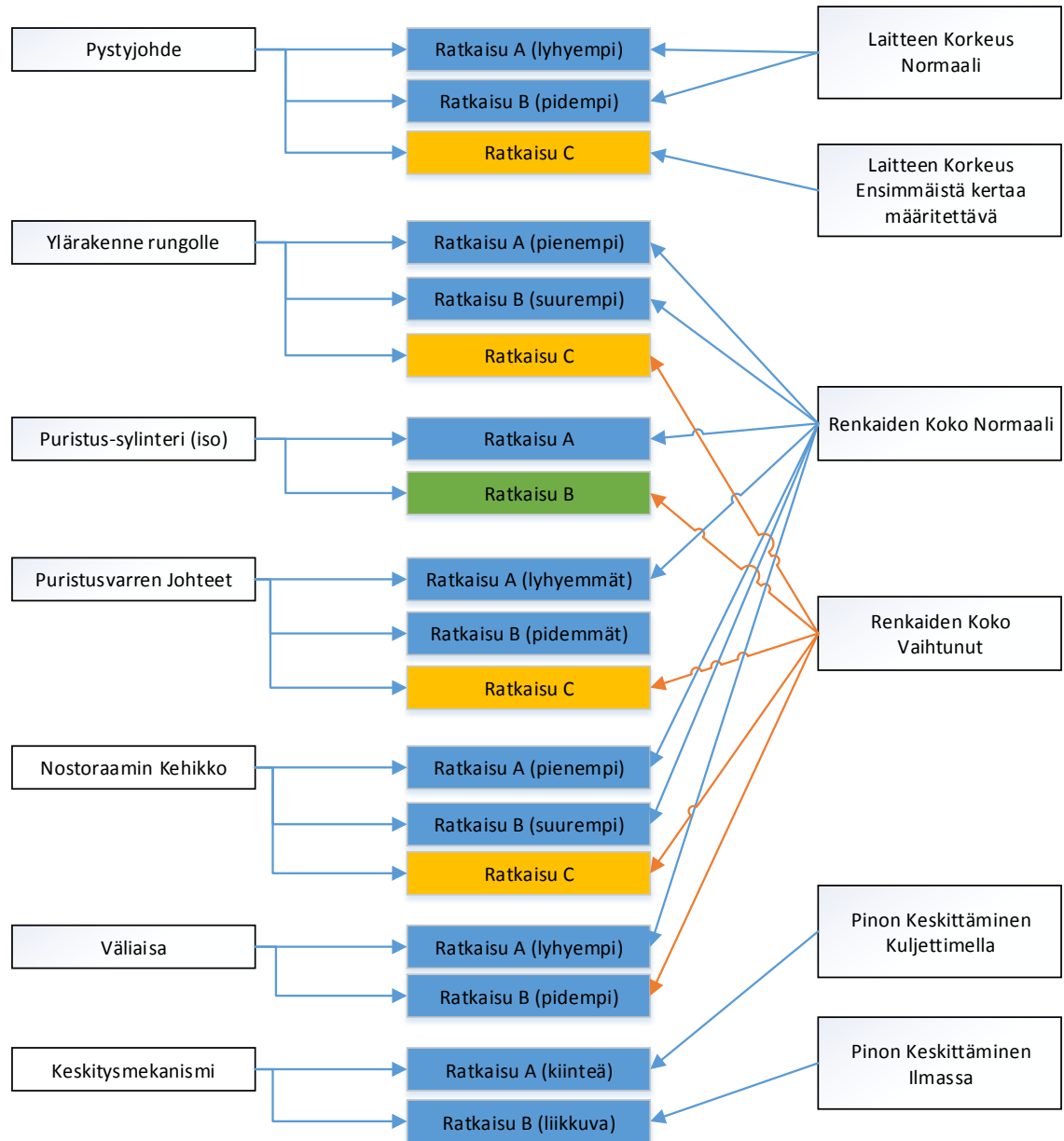
	Asiakastarpeet	Laitteen korkeus	Koko vanhojen toteutusten mukainen	Koko ensimmäistä kertaa käytössä	Renkaiden koko	Koko normaali	Koko vaihtelee rajusti	Pinon Keskitys	Keskitys Ilmassa	Keskitys Kuljettimella
Geneeriset elementit										
Nostoraamin kelkat		4			4			4		
Ratkaisu A										
Nostoraamin kehikko		4			1			4		
Ratkaisu A (pienempi)						1	2			
Ratkaisu B (suurempi)						1	2			
Ratkaisu C (suunniteltava uusi)						2	3			
Puristusvarsi runko		4			4			4		
Ratkaisu A										
Puristus-sylinteri (iso)		4			3			4		
Ratkaisu A (vakioksi valittu sylinteri)						1	2			
Ratkaisu B (räätälöitävä)						2	3			
Puristus-sylinteri (pieni)		4			4			4		
Ratkaisu A										
Puristusvarsi johteet		4			3			4		
Ratkaisu A (lyhyemmät)						1	2			
Ratkaisu B (pidemmät)						1	2			
Ratkaisu C (suunniteltava uusi)						2	3			
Keskitysmekanismi		4			4			1		
Ratkaisu A (kiinteä puristus)									2	1
Ratkaisu B (liikkuva keskityspiste)									1	2
Moottori hihnoille		4			3			4		
Ratkaisu A						1	3			
Momenttituki		4			4			4		
Ratkaisu A										
Tuki hihnoille		4			4			4		
Ratkaisu A										

- (1) Asiakas tarvitsee osan.
 (2) Asiakas ei tarvitse osaa.
 (3) Asiakkaan tarve voi vaikuttaa osaan.
 (4) Asiakkaan tarve ei vaikuta osaan.

- (1) Asiakas tarvitsee osan.
 (2) Asiakas ei tarvitse osaa.
 (3) Asiakkaan tarve voi vaikuttaa osaan.
 (4) Asiakkaan tarve ei vaikuta osaan.

	Asiakastarpeet	Laitteen korkeus	Koko vanhojen toteutusten mukainen	Koko ensimmäistä kertaa käytössä	Renkaiden koko	Koko normaali	Koko vaihtelee rajusti	Pinon Keskitys	Keskitys Ilmassa	Keskitys Kuljettimella
Geneeriset elementit										
Hihnät		4			4			4		
Ratkaisu A										
Hammaspyörät hihnoille		4			4			4		
Ratkaisu A										
Kulmaväänninruuvit		4			4			4		
Ratkaisu A										
Pohjalevyt		4			4			4		
Ratkaisu A										
Väliaisa		4			1			4		
Ratkaisu A (lyhyempi)						1	2			
Ratkaisu B (pidempi)						2	1			
Pystyjohde		3			4			4		
Ratkaisu A (lyhyempi)			3	2						
Ratkaisu B (pidempi)			3	2						
Ratkaisu B (suunniteltava uusi)			2	1						
Pystyjohdetuet		4			4			4		
Ratkaisu A										
Ylärakenne rungolle		4			1			4		
Ratkaisu A (pienempi)						1	2			
Ratkaisu B (suurempi)						1	2			
Ratkaisu B (suunniteltava uusi)						2	1			
Nostoraamin moottori		4			3			4		
Ratkaisu A						1	3			
Ketjut		3			4			4		
Ratkaisu A			1							

LIITE 10, PRODUCT STRUCTURE BLUE PRINT



LIITE 11, LIIKETOIMINNAN VAIKUTUSANALYYSI

Myyty automaatiojärjestelmien määrä		15	joissa pinonpurkajia		16		
Kysymys		Tuotto	Kulut	Laatu	Resurssit	Aika	
Moduulijärjestelmän luominen?			-1320,00				
Tuotekehityksen tekemä työ?			-15840,00	1320,00			
Tuotekehityksen henkilöstön vapautuminen toisiin tehtäviin?					5280,00		
Dokumentoinnin vaikutus?		12000,00	-3960,00	1320,00			1920,00
Vakio-osien määrittäminen?		4800,00	-528,00				1200,00
Moduulien luominen?			-1320,00				
Kuljetuskustannukset?							
Uudelleenkäytettävyys?				3000,00	3000,00		
		16800,00	-22968,00	5640,00	8280,00	3120,00	
Kokonaistuotto		33840,00					
Kokonaiskulut		-22968,00					